



Demon Maxwella*

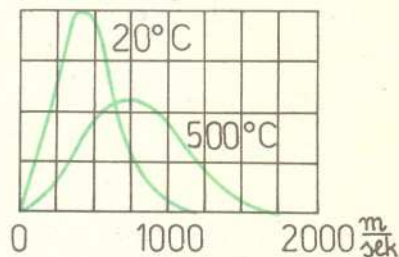
Demon Maxwella jest oczywiście żartem. Jest to jednak postać znana wśród fizyków, ułatwia bowiem wyobrażenie sobie, na czym mogłyby polegać tak absurdalne zjawiska, jak np. samoistne zagotowanie się wody w szklance, zgromadzenie się całego powietrza w jednym kącie pokoju, czy też wyskoczenie rozbitego samochodu z dna przepaści na szosę. Jak pamiętasz z poprzedniego numeru «Delta», są to procesy „możliwe, lecz niewyobrażalnie mało prawdopodobne.

Właśnie aby podkreślić małe prawdopodobieństwo ich wystąpienia, Maxwell nadał fikcyjnej istocie, która może je spowodować, nazwę Demona. Jak wygląda Demon Maxwella? Sądzę, że śmiało możemy uznać w tym względzie autorytet pana Tompkinsa**, jedyne, obok jego żony, człowieka, który widział Demona Maxwella w akcji, a nawet z nim rozmawiał. Otóż, wyobraźmy sobie istotę tak małą, że atomy, których średnica wynosi około jedną dziesięciomilionową część milimetra, mają dla niej rozmiary piłek tenisowych. Jest ona poza tym tak szybka i zręczna, że bez trudu odbija swoją rakiетką tenisową atomy nawet bardzo gorącego gazu (jak wiesz, wysoka temperatura oznacza szybki ruch atomów). Jednym słowem, jest to genialny żongler-tenisista w świecie atomów i cząsteczek. Jego umiejętności pokażę Ci na jednym bardzo ciekawym przykładzie: Demon Maxwella potrafi odwrócić naturalny kierunek przepływu ciepła, tzn. spowodować, że po zetknięciu dwóch ciał o różnych temperaturach to cieplejsze będzie się ogrzewać coraz bardziej, czerpiąc energię cieplną z ciała zimniejszego, które tym samym będzie się stawać coraz zimniejsze.

— Coś takiego! Można zrobić jedno urządzenie, które będzie u dołu lodówką, u góry kuchenką i w ogóle nie będzie wymagało zasilania z zewnątrz. To chyba jest sprzeczne ze wszystkimi prawami fizyki!

— Nie ze wszystkimi, a tylko z jednym: drugą zasadą termodynamiki, która właśnie zabrania ciepła płynąć od ciała zimniejszego do cieplejszego. Natomiast zasady zachowania energii Demon Maxwella nie narusza. On tylko zmienia kierunek ruchu cząsteczek bez zmiany ich prędkości. Odbija je sprężysto, jak to się mówi w fizyce.

Mam pewien pomysł. Stawiam ci Wielkie Zadanie Konstrukcyjne. Zakładając, że uda ci się namówić do współpracy Demona Maxwella, zaprojektuj silnik cieplny. Dla ułatwienia zadania przypomnę ci, że każdej temperaturze odpowiada określona **średnia** prędkość atomów. Zawsze jednak istnieją w ciele atomy dużo szybsze i dużo wolniejsze niż te, które mają prędkość średnią. Przyjrzyj się rysunkowi obok i pomyśl, jaką rolę mógłby odegrać Demon Maxwella w działaniu twojego silnika.



Rozkład maxwellowski prędkości cząsteczek dla azotu w temperaturach 20°C i 500°C

Proponujemy Wam, Czytelnicy, rozwiązanie problemu:

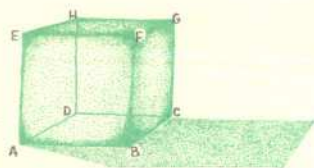
Jak działałby silnik sprzeczny z drugą zasadą termodynamiki, czyli tzw. *perpetuum mobile* drugiego rodzaju?

Jak zwykle, czekamy na listy.

* James Clerk Maxwell był fizykiem angielskim. Żył w latach 1831–1879. Jego prace dotyczą różnych dziedzin fizyki: elektromagnetyzmu, fizyki molekularnej, optyki, mechaniki i teorii sprężystości. W roku 1860 Maxwell podał prawo rozkładu prędkości cząsteczek gazu, zwane później prawem rozkładu Maxwella.

** Pan Tompkins jest bohaterem książki wybitnego fizyka G. Gamowa *Mr Tompkins w Krainie Czarów*. Dzięki tej książce otrzymał autor ufundowaną przez UNESCO nagrodę za wybitną działalność popularnonaukową. Książkę Gamowa wydawano wielokrotnie w Polsce. Zachęcamy do jej przeczytania.

Czy znacie grę „W dwadzieścia pytań”? Chodzi w niej o to, żeby odgadnąć — zadając przy tym jak najmniej pytań, najwyżej dwadzieścia — przedmiot lub osobę pomyślaną przez drugiego z grających. Pytania muszą być tak sformułowane, aby można odpowiedzieć na nie „tak” lub „nie”. Innych odpowiedzi dawać nie wolno. A oto kilka prostych odmian tej gry:

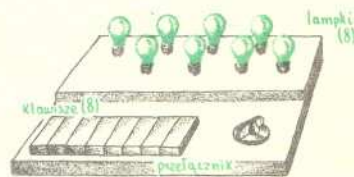


ODGADYWANIE POMYŚLANEGO WIERZCHOŁKA SZEŚCIANU

Do gry potrzebny jest rysunek sześcianu z widocznymi wszystkimi ośmioma wierzchołkami, które najlepiej jakoś oznaczyć, na przykład literami. Jeden z grających wybiera któryś wierzchołek i nie pokazując go drugiemu notuje na kartce odpowiednią literę. Drugi z grających, umiejętnie zadając pytania, musi odgadnąć wybrany wierzchołek.

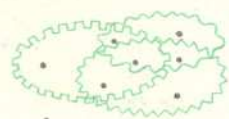
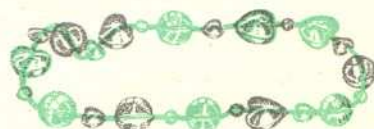
BADANIE ZEPSUTEJ MASZYNY

Maszyna pokazana na rysunku działa w taki sposób: jeśli wciśniemy klawisze (jeden lub kilka), a następnie przekręcimy przełącznik, powinno się zapalić tyle lampek, ile wciśnięliśmy klawiszy. Ponowne przekręcenie przełącznika gasi wszystkie lampki. Jeden z klawiszy jest zepsuty i nie zapala lampki. Niestety nie wiadomo, który. Jak wykryć zepsuty klawisz dokonując możliwie najmniej manipulacji przełącznikiem? A w jaki sposób wykryć zepsutą lampkę?



KORALIKI I KROPKI W PĘTELKACH

Spróbujcie sami sformułować przepisy zgadywanek do narysowanych obok koralików i kropek w pętelkach.



Kody i kodowanie

Czy wiecie, co to jest szyfr? A może pisaliście zaszyfrowane listy, których niewtajemniczeni nie powinni odczytać?

Szyfr kojarzy się z ukrytą tajemnicą — nie wszystkie jednak szyfry służą do ukrywania tajemnic. Są również inne, bardzo pożyteczne szyfry. Pożyteczne, bo usprawniają przekazywanie informacji albo pomagają rozwiązać skomplikowane zadanie czy też ułatwiają porozumiewanie się z maszyną. Takie szyfry nazywa się kodami. Alfabet, znaki drogowe, umowne oznakowanie tkanin (np. znak przekreślonego żelazka mówi, że nie wolno tej tkaniny prasować) itp. — to wszystko przykłady różnych kodów.

Bardzo ciekawy kod znalazł zastosowanie w systemie kasowania biletów warszawskich środków komunikacji miejskiej. Kasując bilet w kasowniku kodujemy na nim cztery cyfry: pierwsze dwie z nich wskazują dzień miesiąca, dwie ostatnie natomiast — końcówkę numeru wozu (niektóre kasowniki kodują jeszcze dodatkową, piątą cyfrę w środku). Zamieściliśmy rysunek kilku skasowanych biletów z wyjaśnieniem, jakie cyfry zostały na nich zakodowane. Czy potraficie rozszyfrować zasadę kasowania biletów?

Omówimy jeszcze jeden prosty kod, który może się przydać do gry opisaną w wstępie zabawy.

WIERZCHOŁEK SZEŚCIANU

Umówmy się, że ścianę BCGF będziemy nazywać prawą ścianą sześcianu, ścianę DCGH tylną ścianą, a ścianę EFGH — górną. Wybierzmy teraz dowolny wierzchołek i postawmy następujące trzy pytania:

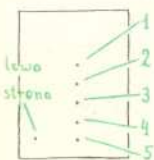
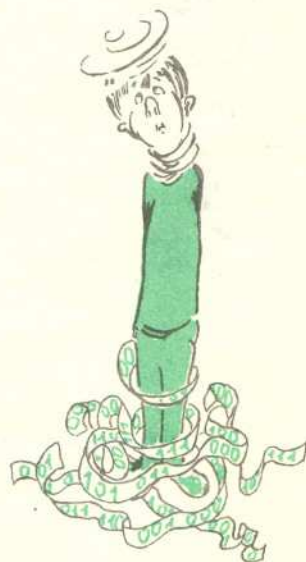
1. Czy wierzchołek leży na prawej ścianie? 2. Czy wierzchołek leży na tylnej ścianie? 3. Czy wierzchołek leży na górnej ścianie?

Zanotujmy odpowiedzi na te pytania przy pomocy zer i jedynek, pisząc zero, gdy odpowiedź brzmi „nie”, a jedynkę, gdy brzmi „tak”. Otrzymamy ciąg trzech cyfr zapiszmy przy wybranym wierzchołku. Podobne ciągi umieścimy przy pozostałych wierzchołkach sześcianu.

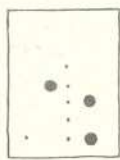
Pamiętajmy tylko, żeby pytania stawiać zawsze w tej samej kolejności. I to już koniec — zakodowaliśmy wierzchołki sześcianu.

Domyślacie się na pewno, jak wykorzystać ten kod do gry w odgadywanie pomyślanego wierzchołka. Acha, jeszcze jedna uwaga! Grając przy pomocy naszego kodu stawiamy zawsze trzy pytania. Nie ma pewnego sposobu na odgadnięcie pomyślanego wierzchołka przy pomocy mniejszej liczby pytań. Wprawdzie zgadując na chybił trafił mamy pewne szanse trafienia w szukany wierzchołek już za pierwszym pytaniem, ale równie dobrze możemy zużyć na to siedem pytań (ósmego pytania nie trzeba już stawiać!).

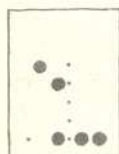
Możecie sami sprawdzić, że gracz, który gra systematycznie, będzie wygrywał częściej niż ten, który zgaduje na chybił trafił.



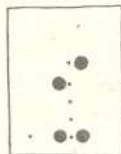
małe dziurki mają znaczenie pomocnicze



tu są zakodowane dwie cyfry; po lewej 2, po prawej 8 (3+5)

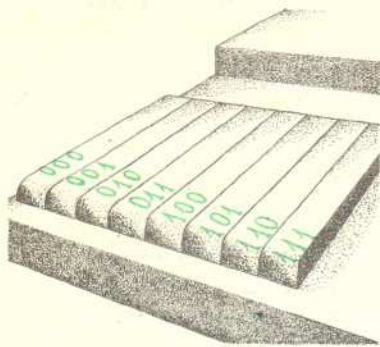


17-55



08-60

TAJEMNICZA MASZYNA



Zacniemy od zakodowania klawiszy w sposób pokazany na rysunku. Do wykrycia uszkodzonego klawisza wystarczą trzy próby. W pierwszej wciskamy wszystkie te klawisze, których kody mają na pierwszym miejscu zero. W drugiej te, których kody mają na drugim miejscu zero, i w trzeciej te, których kody mają na trzecim miejscu zero. Wynik każdej próby notujemy przy pomocy zer i jedynek: zero, gdy zapaliło się tyle lampek, ile wcisnęliśmy klawiszy, a jedynek, gdy lampek zapaliło się mniej, niż było wcisniętych klawiszy. Kod przeprowadzonej próby będzie się zgadzał z kodem uszkodzonego klawisza (sprawdźcie). Pomyślcie też, jak uprościć podaną tu metodę postępowania. Czy można zmniejszyć liczbę klawiszy, jakie wciskamy w poszczególnych próbach?

Natomiast uszkodzoną lampkę wykryć bardzo łatwo. Wciskamy wszystkie klawisze, przekreślamy przełącznik. Zapalą się wszystkie lampki oprócz ... zepsutej.

Na zakończenie mamy dla Was kilka pytań. Jak zakodować koraliki, a jak kropki w pętelkach? Jakie pytania powinniśmy postawić?

Jak radzić sobie z wykryciem uszkodzonego klawisza, gdyby maszyna miała ich nie 8, lecz na przykład 23?

Na rysunku obok do trzech pętelek z gry w odgadywanie kropek dorysowaliśmy czwartą w ten sposób, że rozcina ona każdą z ośmiu części na dwie. Czy umielibyście dorysować w ten sposób piątą i dalsze pętle?

Opowiadanie czajnika

Jakaż jest ta dzisiejsza młodzież! Przyjdzie taki, naleje wody, postawi na gazie i leci przed telewizor. Ty dopiero wołaj na niego z kuchni. A on tylko w tę durną szybkę patrzy, nie pomyśli, co to jest woda i dlaczego ona się gotuje.

A ta woda składa się z cząsteczek. Cząsteczki te — maleńkie. Milion ich pod sznurek ułożysz, a jeszcze milimetra nie będzie. Każda z trzech atomów zrobiona: jeden atom tlenu i dwa atomy wodoru. Krzywo to jakoś poszczepiane, jak uszy u zająca.

Należesz wody do czajnika, to trzymają się one jedna drugiej. Tylko cały czas ruszają się jak mrówki, chwili spokoju z nimi nie ma. A poniekądora z wierzchu nawet do góry ucieka. Inne ją trzymają, ale — gdzie tam! Na dziobek trafi, to w świat pójdzie. A nie trafi, trochę się pokręci i do innych wraca.

Najgorzej, kiedy na ogień czajnik postawisz. Zaczynają coraz szybciej się ruszać. Mówią: „Ty stary, ciągle byś w miejscu siedział, a teraz inne czasy. Nie można wciąż razem się trzymać, każda powinna poruszać się osobno. Trzeba w stan pary przechodzić”.

No i przechodzą w ten stan pary, każda zaczyna biegać w swoją stronę. Nie powiem — dalej się przyciągają, ale co z tego! Nie mogą już się utrzymać, bo każda jak głupia leci przed siebie. Miejsca im ciągle mało. Najpierw ileś ich tam siedziało w centymetrze sześciennym, teraz te same na cały litr się rozłażą. A kiedy już zacznie się wrzenie, takie się robią niecierpliwie, że od samego dna zaczynają się rozpychać. Robią się bąble tej pary i uciekają do góry. Całe powietrze z czajnika wypęda.



Rys. 3. W temperaturze pokojowej parowanie zachodzi tylko na powierzchni wody

Rys. 4. Kiedy woda wrze, pęcherze pary wodnej tworzą się na dnie naczyń i ściankach

Rozwiązanie problemu Śmieszka z poprzedniego numeru

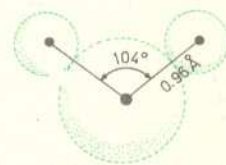
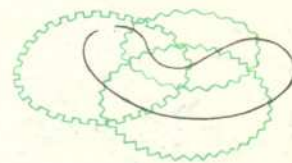
Zwróćmy uwagę np. na dzban grecki. Gdy znajdują się w nim 3 kule — obojętnie jakie — to szanse Śmieszka wyniosą $\frac{1}{2}$. Gdy dzbanie będą dwie kule białe, to — jak ustaliliśmy

— szanse Śmieszka wyniosą $\frac{5}{8}$. Przy dwóch czarnych będą więc równe $1 - \frac{5}{8} = \frac{3}{8}$. Przy jednej białej i jednej czarnej — też obliczaliśmy — szanse wyniosą

$\frac{1}{2}$. Rozpatrzmy z kolei włożenie jednej kuli. Dla białej szanse wyniosą $\frac{1}{2} \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} = \frac{7}{10}$, a dla czarnej $1 - \frac{7}{10} = \frac{3}{10}$. Gdy w dzbanie greckim jest więcej kul

niż trzy to w perskim jest ich mniej — liczymy więc analogicznie. Rozpatrzyliśmy wszystkie możliwe rozwiązania. Możemy więc udzielić Śmieszkomu rady: Wrzuć do jednego dzbanka tylko jedną białą kulę, a do drugiego resztę. Takie rozwiązanie daje ci największą szansę bezbolesnego przeżycia tej ponurej zabawy!

Małą Deltę» opracowali: Jerzy Ginter, Maciej Izzycki, Przemysław Nowicki i Daria Ziemińska.



Rys. 1. Cząsteczka wody to układ trzech atomów. Jednego atomu tlenu (duża kulka) i dwóch atomów wodoru (małe kulki). Odległość pomiędzy środkami atomu tlenu i atomu wodoru jest nieco mniejsza od 1 angstroma. 1 angstrom (1 Å jest

to $\frac{1}{10\ 000\ 000}$ milimetra).



Rys. 2. Woda i para wodna. W wodzie cząsteczki znajdują się bardzo blisko siebie. W parze wodnej każda cząsteczka porusza się osobno, odległości pomiędzy cząsteczkami są znacznie większe

Ta para wygląda jak powietrze, jak zwykły gaz. A może nie wierzysz, że gdy woda gotuje się, to w czajniku jest już tylko para wodna? Zdejmij pokrywę i włóż zapaloną zapałkę. Gaśnie? A jak ma się palić, skoro już powietrza nie ma? Gdy cząsteczki pary wylecą już dziobkiem na zewnątrz, zimno im się robi, niebożątkom. Z powrotem zbierają się razem i tworzą małe kropelki wody. Takie same jak wtedy, kiedy jest mgła na dworze. Ludzie mówią, że to para, ale prawdziwej pary nie widać, póki się nie skropli.

Skoro jesteś już taki mądry, to zadam ci na koniec zagadkę. Postaw na gazie odkryty czajnik. Gdy w nim woda zagotuje się, przyjrzyj się dobrze, ile mgły nad nim się unosi. A teraz szybko zgaś gaz. Dlaczego teraz mgła jest znacznie lepiej widoczna?