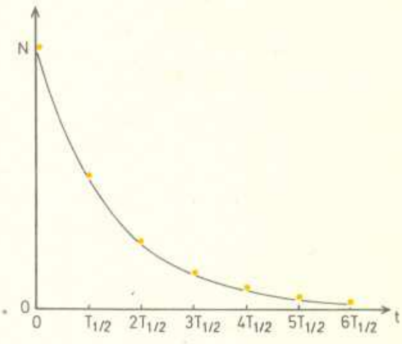
mała delta

Czy jądra atomowe się starzeją

Nie chcę cię straszyć, ale krzesło, na którym siedzisz, jest dziurawe. Co gorsze, również i w podłodze jest pełno dziur. Także twoja ręka, gdyby się jej dobrze przyjrzeć, okazałaby się pustą przestrzenią, w której gdzieniegdzie znajdują się małe ciężkie kulki. Są to jądra atomowe. Są one tak małe, że aby je zobaczyć gołym okiem, trzeba je powiększyć milion milionów razy. Oczywiście nikt nie wynalazł takiego mikroskopu, przez który można byłoby zobaczyć jądra atomowe. Mimo że trzeba je badać „po omacku", fizycy jądrowi wiedzą o nich bardzo dużo. Udało im się na przykład zmierzyć jądra atomowe różnych pierwiastków, określić ich masy. Wiadomo też, że jądra niektórych atomów są nietrwałe. W wyniku ich rozpadu tworzą się jądra innych, lżejszych pierwiastków. Na przykład w rudzie uranowej stale ubywa uranu, a przybywa ołowiu, przy czym z rudy wydobywa się gazowy hel.

Bardzo ciekawe jest, jak proces rozpadu jąder nietrwałych (promieniotwórczych) przebiega w czasie. Otóż fizycy stwierdzili, że w równych odcinkach czasu rozpada się zawsze ta sama część poprzednio istniejących jąder. Na przykład spośród wszystkich jednakowych jąder promieniotwórczych, zawartych w danej próbce w pewnej chwili początkowej, w ciągu pewnego określonego czasu $T_{1/2}$ (zwanego czasem połowicznego zaniku) rozpada się połowa, po czasie $2T_{1/2}$ pozostaje już tylko 1/4 początkowej liczby, po czasie $3T_{1/2}$ pozostaje 1/8 — i tak dalej. Za każdym razem pozostaje połowa poprzednio istniejącej liczby.

Zależność liczby jąder, które się jeszcze nie rozpadły, od czasu ilustruje wykres:



Spróbujmy zrozumieć, dlaczego tak się dzieje. Jaka to własność jąder promieniotwórczych decyduje o takim zachowaniu się ich liczby w funkcji czasu? Nie jest to wcale łatwe. Fizykom zajęło to 6 lat. Fizyką zajmują się na ogół ludzie dorośli, którzy nie lubią się bawić. Zapominają oni, że zabawa czasem pomaga zrozumieć najtrudniejsze problemy naukowe. A więc do zabawy!

Do tej zabawy będą Ci potrzebne monety dziesięcio- lub dwudziestogroszowe, mogą to też być jednakowej wielkości guziki. Musisz ich zebrać bardzo dużo, na przykład 400. Przygotuj jeszcze duży arkusz papieru i kredki. Na papierze narysuj parę zupełnie dowolnych linii. Następnie rozrzuć monety po papierze tak, żeby żadna nie upadła poza arkusz i żeby nie leżały jedna na drugiej. Wyszukaj wszystkie monety, które leżą na liniach lub ich dotykają, policz je i odłóż na bok. Pozostałe monety rzuć jeszcze raz. Powtórz to kilka razy, aż liczba monet zmniejszy się do około 50.

Zrób teraz wykres liczby monet, które ci zostały po każdym rzucie w zależności od numeru rzutu.

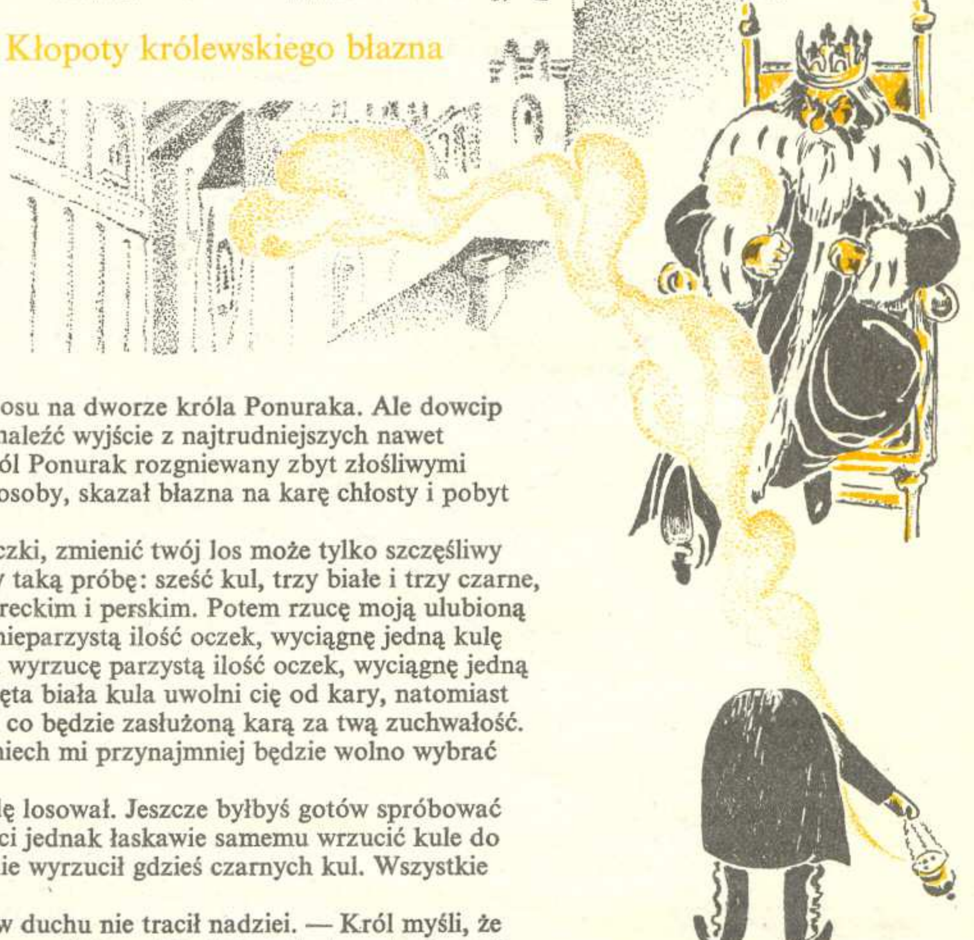
Co otrzymałeś? Porównaj swój wynik z tym, co otrzymał pewien fizyk, który lubi się bawić, mimo że jest dorosły. Uzbierał on 500 dziesięciogroszówek. Monety rzucał 12 razy, za każdym razem zabierając te, które upadły na linię. Oto wyniki, jakie on otrzymał:

liczba monet	500	436	382	332	281	240	203	172	146	128	109	90	78
numer rzutu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Przyjrzyj się tym liczbom: po każdym rzucie liczba monet jest mniejsza od poprzedniej o prawie ten sam czynnik: 0,86. A więc ubywanie monet w naszej zabawie podlega temu samemu prawu, co rozpad jąder promieniotwórczych. Monety odgrywają tu rolę jąder, a kolejne numery rzutów odpowiadają równym odstępom czasu. Wartość liczby 0,86 jest oczywiście przypadkowa. Ty możesz otrzymać zupełnie inną liczbę, większą lub mniejszą (oczywiście zawartą między 0 a 1), zależnie od tego, jak duży będziesz miał arkusz papieru, jak dużo linii narysujesz i jak dużych monet użyjesz. Otrzymana liczba określa prawdopodobieństwo, że przypadkowo rzucona moneta natrafi na linię.

Oczywiście prawdopodobieństwo to jest jednakowe dla wszystkich monet, jeśli są one jednakowych rozmiarów i jednakowe przy każdym rzucie, niezależnie od tego, ile razy już poprzednio rzuciłeś monety.
Domyślamy się, że podobnie ma się sprawa z jądrami atomowymi. Prawdopodobieństwo rozpadu w jednostce czasu jest jednakowe dla wszystkich jąder tego samego rodzaju, a dla danego jądra nie zależy ono od tego, ile czasu już ono przeżyło. A więc jądro atomowe nie starzeje się! Dla jądra uranu znajdującego się w rudzie uranowej jednakowo prawdopodobny był rozpad kilka miliardów lat temu, kiedy to prawdopodobnie powstawała Ziemia, jak teraz, czy za dalszych parę miliardów lat. Jest to zaskakujący wniosek. Na co dzień mamy przecież do czynienia z czymś przeciwnym. Samochód jeździ dobrze, póki jest nowy, z biegiem czasu coraz bardziej prawdopodobne jest, że coś w nim zacznie „nawalać”. Podobnie jest, niestety, z człowiekiem i wszystkimi istotami żywymi. Trudno było człowiekowi zrozumieć to prawo, skoro on sam jemu nie podlega.

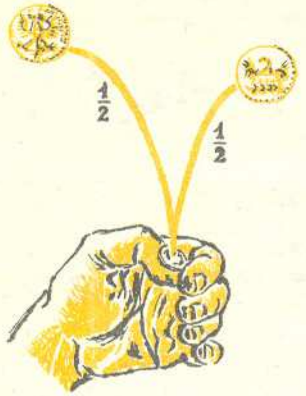
Kłopoty królewskiego błazna



Błazen Śmieszek nie miał łatwego losu na dworze króla Ponuraka. Ale dowcip i mądrość pomagały Śmieszkowi znaleźć wyjście z najtrudniejszych nawet sytuacji. Zdarzyło się jednak, że król Ponurak rozgniewany zbyt złośliwymi żartami na temat jego królewskiej osoby, skazał błazna na karę chłosty i pobyt w ciemnicy.
— Nic już nie pomogą żarty i sztuczki, zmienić twój los może tylko szczęśliwy traf — powiedział król. — Zrobimy taką próbę: sześć kul, trzy białe i trzy czarne, rozmieścimy w dwóch dzbanach, greckim i perskim. Potem rzucę moją ulubioną złotą kością do gry. Jeśli wyrzucę nieparzystą ilość oczek, wyciągnę jedną kulę z greckiego dzbana, natomiast jeśli wyrzucę parzystą ilość oczek, wyciągnę jedną kulę z dzbana perskiego. Wyciągnięta biała kula uwolni cię od kary, natomiast czarna skaże na chłostę i ciemnicę, co będzie zasłużoną karą za twą zuchwałość.
— Królu — rzekł na to błazen — niech mi przynajmniej będzie wolno wybrać samemu swój los.
— O nie — odparł król — sam będę losował. Jeszcze byłbyś gotów spróbować jednej z twoich sztuczek. Pozwolę ci jednak łaskawie samemu wrzucić kule do dzbanów. Dopilnuję tylko, żebyś nie wyrzucił gdzieś czarnych kul. Wszystkie muszą znaleźć się w dzbanach!!
Śmieszek zrobił żałosną minę, ale w duchu nie tracił nadziei. — Król myśli, że mam tylko trzy szanse na sześć — pomyślał. — Wygląda jednak na to, że moje szanse przedstawiają się znacznie lepiej. Muszę tylko zastanowić się jak najmądrzej rozmieścić kule w dzbanach. I tak rozważając, Śmieszek poprosił króla o pewien czas do namysłu, na co ten wspaniałomyślnie przystał.

Opowiedzieliśmy wam, drodzy Czytelnicy, tę historyjkę oczywiście po to, żeby wspólnie rozwiązać problem błazna. Zaczniemy jednak od sytuacji trochę prostszych niż mające się odbyć w pałacu króla Ponuraka losowanie.
Wyobraźmy sobie np., że ktoś wielokrotnie rzuca monetą, (np. tysiąckrotnie) i notuje za każdym razem wynik: orzeł czy reszka. Po wykonaniu takiego doświadczenia, będziemy mogli mówić o częstości wypadania orła. Określimy ją jako stosunek liczby wyrzuconych orłów do liczby wszystkich rzutów:

$$\text{częstość orła} = \frac{\text{liczba orłów}}{\text{liczba wszystkich rzutów}}.$$



Dla zwykłej, nieuszkodzonej monety okaże się, że przy bardzo dużej ilości rzutów częstość orła jest 1/2. Jednokrotny rzut monetą możemy opisać całkowicie przy pomocy takiej oto tabelki:

wynik	orzeł	reszka
prawdopodobieństwo	1/2	1/2

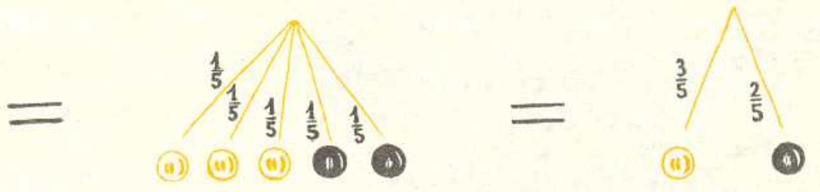
Ten sam rzut monetą można opisać jeszcze inaczej rysując „rozwidlenie" z taką ilością „gałęzi", ile jest możliwych wyników, i przy każdej gałęzi pisząc liczbę będącą prawdopodobieństwem odpowiedniego zdarzenia.
Czytelnik może samodzielnie znaleźć prawdopodobieństwo orła i reszki w monecie niesymetrycznej (np. obciążonej z jednej strony kawałeczkiem ołowiu lub plasteliny). Należy w tym celu wykonać bardzo dużą ilość rzutów i co pewien czas liczyć częstości.

Wróćmy teraz do problemu błazna. Zastanówmy się najpierw, jakie jest prawdopodobieństwo, że król będzie ciągnął kulę z dzbana greckiego, a jakie, że z perskiego. Zależy to od wyniku rzutu kością do gry.
Zakładamy, że kość jest „uczciwa", to znaczy, że częstości każdego z wyników są takie same. Wynikiem jednego rzutu może być wyrzucenie 1, 2, 3, 4, 5 lub 6 „oczek". Gdybyśmy rzut kostką wykonali wiele razy, okazałoby się, że częstość wyrzucania każdej z liczb jest 1/6. Oto tabelka opisująca rzut kostką:

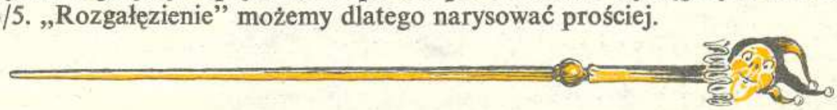
wynik	1	2	3	4	5	6
prawdopodobieństwo	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

Możemy także narysować odpowiednie „rozwidlenie", zaznaczając jednocześnie, które wyniki sprzyjają wyborowi dzbana greckiego, a które perskiego.
Jeżeli król wyrzuci 1, 3, lub 5, będzie losował z greckiego dzbana, a więc wyborowi greckiego dzbana sprzyjają trzy wyniki na sześć wszystkich. Zatem prawdopodobieństwo takiego wyboru jest 3/6 czyli 1/2.
Oczywiście prawdopodobieństwo, że król będzie losował z dzbana perskiego jest również 1/2.

Przypuśćmy teraz, że w jednym z dzbanów jest 5 kul: 3 białe i 2 czarne. Król ciągnie z tego dzbana jedną kulę. Jakie jest prawdopodobieństwo, że wyciągnie kulę białą?
Każdą z pięciu kul możemy wyciągnąć z takim samym prawdopodobieństwem równym 1/5.



Na powyższym „rozgałęzieniu" trzy gałęzie sprzyjają wyciągnięciu kuli białej, a wszystkich gałęzi jest pięć. Zatem prawdopodobieństwo wyciągnięcia kuli białej jest 3/5. „Rozgałęzienie" możemy dlatego narysować prościej.



Losowanie, które ma się odbyć w pałacu króla Ponuraka, jest trochę bardziej skomplikowane, niż zagadnienia, którymi zajmowaliśmy się dotąd. Powrócimy do niego w następnym numerze. Na razie proponujemy Czytelnikom zastanowienie się nad prawdopodobieństwem wyciągnięcia białej kulki przy różnych układach kul w dzbanie. Na przykład: dwie białe i trzy czarne, jedna biała i dwie czarne, a także układy z większą ilością kolorów.

Małą „Deltę" opr. M. Iżycki, P. Nowicki, A. Olecka, D. Ziemińska