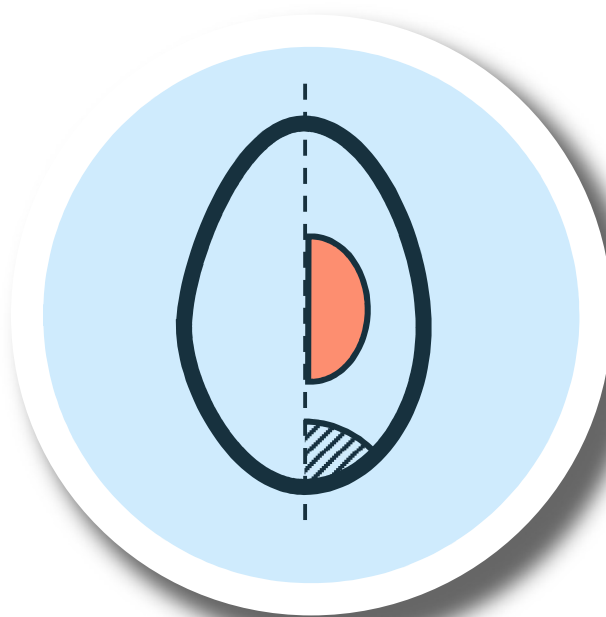




Budowa jajka

Kształt i budowa jajka, choć wydaje nam się to banalne i oczywiste, zawierają w sobie sporo zagadnień z dziedziny optymalizacji i inżynierii. Przyjrzyjmy im się z bliska i skupmy na elementach, które pomogą w skonstruowaniu najlepszego prototypu.

Kształt:

Niezależnie od gatunku zwierzęcia, wielkości, ekosystemu w którym żyją, przynależności do królestwa gadów czy ptaków - kształt i budowa jajka jest niemal identyczna. Kształt ten ma zapewnić bezpieczeństwo rozwijającemu się zarodkowi, chronić przed zmiążdżeniem przez rodzica, a także przed drapieżnikami. Dlatego jajka muszą wytrzymać olbrzymi nacisk – bo o ile przepiórka waży kilkadziesiąt gram, to struś może ważyć ponad 100 kilogramów. Pamiętać trzeba też, że gady także wykluwają się z jajek, a obecne gatunki ważą kilkaset kilogramów, a historycznie osiągały ponad 100 ton.

Taką wytrzymałość może zagwarantować kształt owalny ze spiczastym czubkiem. Kształt ten jest wykorzystywany w budownictwie i wysokie, średniowieczne katedry stoją do dziś. Możecie wziąć jajko i przy najbliższej okazji porównać krzywiznę z dowolnym łukiem: katedry, mostu, akweduktu, kopuły. Siła ciężaru sklepienia rozkłada się na boki i bezpiecznie rozkłada się na dużej powierzchni – działa to tylko wtedy, kiedy jajko skierowane jest **spiczastym końcem skierowanym do kierunku przyłożonej siły**. To ważna zasada, którą warto zapamiętać, bo jajko położone poziomo nie będzie miało tych właściwości.

Jak dużą siłę może wytrzymać kurze jajko? Około 20 kg, to znaczy, że przy 4 jajkach można spokojnie stanąć – warto przeprowadzić taki eksperyment w domu.

A co gwarantuje jajku tak dużą wytrzymałość? Materiały, z którego jest zbudowane, a dokładniej twarda i krucha powłoka zewnętrzna (węglan wapnia) oraz miękka i elastyczna błona od środka. To połączenie także jest zapożyczone w budownictwie: budujemy stawiając połączenie materiałów betonowych (twardych i kruchych, które odporne są na ściskanie) oraz stalowych (elastycznych, odpornych na zginanie). I właśnie dopiero połączenie tych dwóch warstw gwarantuje dużą wytrzymałość. Ta cecha pozwala uwolnić się pisklakom z jajka. Z łatwością mogą rozerwać od środka

elastyczną błonę, a sama krucha powłoka traci swoją funkcję. Drapieżnik próbując się dostać z zewnątrz nie ma tak łatwego zadania.

Kształt jajka spełnia w przyrodzie jeszcze jedną ważną funkcję: zabezpiecza jajko od odtoczenia się od gniazda. W przypadku idealnie okrągłych, czy owalnych kształtów takie zagrożenie jest całkiem realne. Sprawdźcie i spróbujcie sami kulać jajkiem w domu po podłodze.

Budowa wewnętrzna

Optymalizacja jajka nie ogranicza się do zewnętrznej powłoki, ale natura wypracowała fascynujące rozwiązania wewnątrz. Przede wszystkim jajko składa się z żółtka i białka. Zastosowanie dwóch płynnych materiałów to dodatkowe zabezpieczenie w ruszającym się świecie.



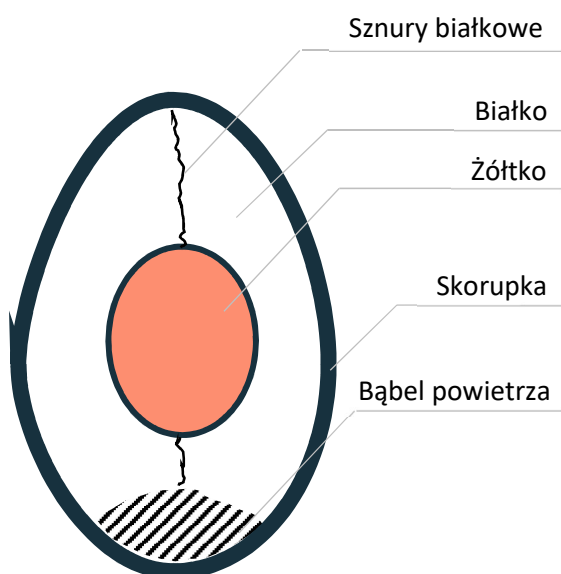
Jeżeli podświetlicie jajko telefonem, to możecie zaobserwować poruszający się cień wewnątrz. To właśnie żółtko. W przypadku wstrząsu porusza się ono wolniej w stosunku do skorupki i białka. Różnica gęstości sprawia, że białko również chroni żółtko przed zbyt gwałtownym przemieszczaniem się. Czy w budownictwie wykorzystujemy te właściwości? Tak, budując wieżowce i zabezpieczając je przed trzęsieniem Ziemi. Systemy przewidują albo ciężkie wahadła zawieszone na górnych kondygnacjach albo baseny na szczycie wieżowca.

Jak duże ma znaczenie fakt stosowania 2 różnych substancji wewnątrz jajka? Można to sprawdzić porównując surowe i ugotowane jajko. Jeżeli wprawimy jajko surowe w ruch wirowy, to będzie się kilkakrotnie dłużej kręcić, niż jajko ugotowane. Co więcej jeżeli zatrzymamy wirujące surowe jajko na chwilę to zacznie się ono obracać ponownie. W przypadku jajka ugotowanego ta właściwość nie występuje. Spowodowane jest to bezwładnością ruchu obrotowego i ma praktyczne zastosowanie, nie tylko umożliwiające sprawdzenie stopnia ugotowania jajka. Obserwując obroty planet i uważnie przyglądając się drganiom tego ruchu, astronomowie są w stanie określić czy jądro planety jest płynne czy stałe. A to ma z kolei kluczowe znaczenia dla istnienia pola magnetycznego i ochrony planety przed promieniowaniem kosmicznym.

Wracając do budowy wewnętrznej jajka. Dodatkowym systemem zabezpieczającym rozwijający się zarodek jest sznur białkowy, który stabilizuje żółtko i utrzymuje je w samym środku. Możecie je zaobserwować rozbijając jajko.

Dodatkową funkcją sznura białkowego jest zapewnienie, że rozwijający się zarodek skierowany jest zawsze do góry.

Kolejnym zabezpieczeniem jest bąbel powietrza znajdujący się przy obłym końcu jajka. Przede wszystkim zapewnia zapas tlenu niezbędny do rozwoju pisklęcia, ale też zwiększa możliwości przemieszczania się białka wewnątrz jajka. Możecie przeprowadzić eksperyment i zobaczyć sami, jak zachowuje się obracająca się butelka wody wypełniona po brzegi i porównać ją z butelką niewypełnioną całkowicie. Sama skorupka nie jest w pełni szczelna i pozwala wymieniać tlen z otoczeniem – zaobserwować to można gotując jajka na małym ogniu. Z obłego końca zaczęły wydobywać się pęcherzyki powietrza. To pokazuje drugą ważną funkcję bąbla powietrznego – wraz ze wzrostem temperatury, białko zwiększa swoją objętość i ma na to miejsce. Ponieważ skorupka jest twarda i nieelastyczna rozszerza się w za małym zakresie – to z kolei można zaobserwować wsadzając jajko do mikrofalówki. Gwałtowny wzrost objętości wewnątrz jajka i nieelastyczna skorupka prowadzą do rozsadzania jajka.



Bąbel powietrza to też informacja na temat świeżości jajka. Z czasem białko i żółtko powoli wysychają i w tym procesie się kurczą. Powoduje to wzrost pustej przestrzeni, który wypełnia bąbel, a przez to średnia gęstość jajka zmaleje. Po umieszczeniu jajka w wodzie, świeże opadnie na dno naczynia, natomiast nieświeże będzie unosiło się na powierzchni.

Z punktu widzenia projektu, przestrzeń w jajku, którą zajmuje bąbel powietrza jest korzystna, ponieważ ciężar całego jajka jest mniejszy, a płynne wnętrze ma szansę się przemieścić. Z drugiej strony, jest to najstabszy punkt jajka, więc nie powinien być miejscem pierwszego kontaktu z ziemią.

Podsumowanie

Ustaw jajko tak, aby wylądowało na najmocniejszej części skorupki. Struktura łuku na obu końcach jajka jest mocniejsza niż jego boki. Nacisk jest rozkładany w dół (lub w górę) łuków, dzięki czemu mniejszy nacisk działa na jeden punkt. Skierowanie łuku w dół zwiększy przeżywalność jaja.