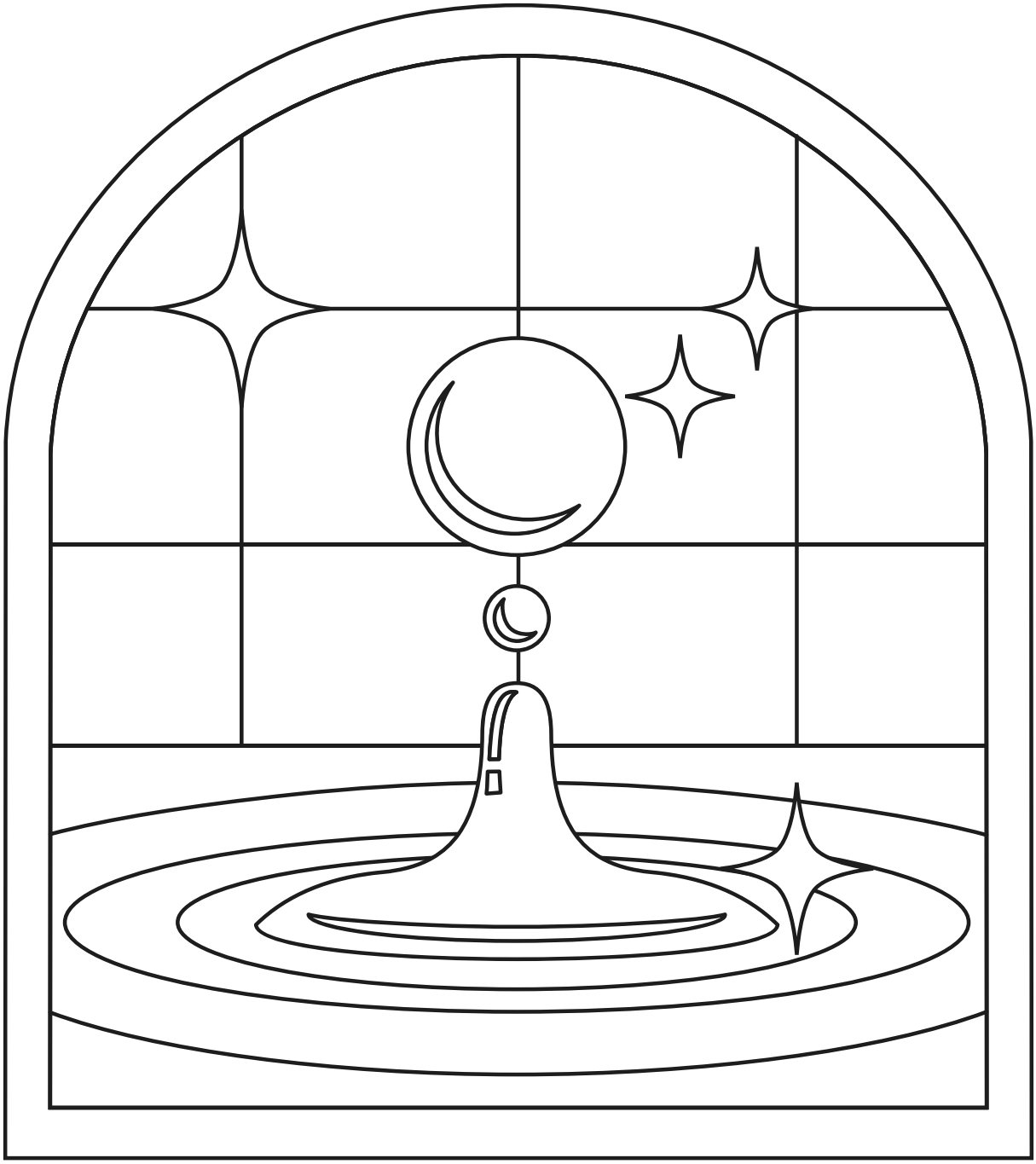
NIEZWYKŁE CECHY ZWYKŁEJ WODY



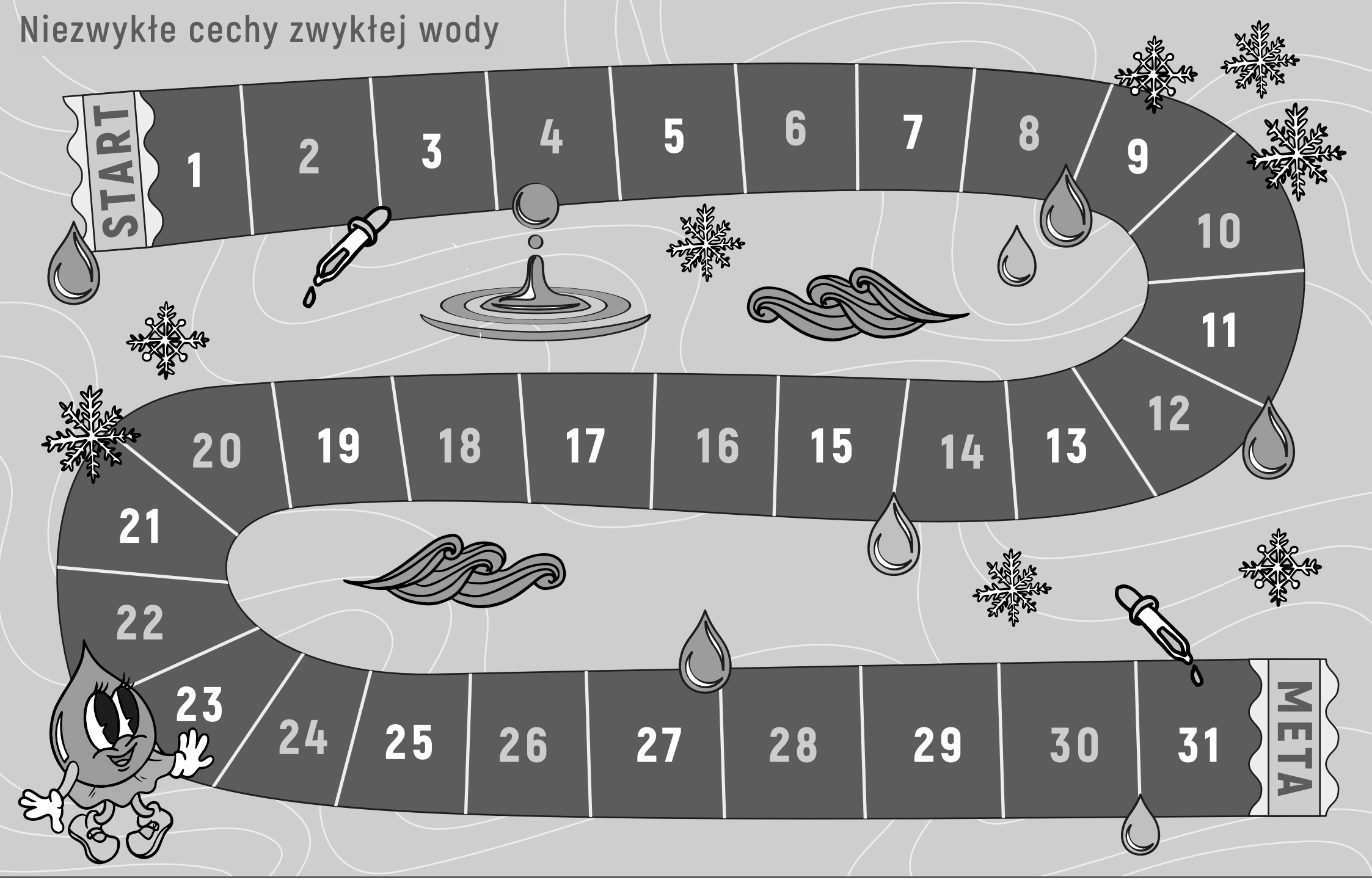
O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

" O nauce w sposób popularny … - cykl zajęć dla uczniów przyszłych studentów nauk przyrodniczych" to projekt realizowany przez Wydział Chemii UJ w Krakowie w latach 2021-2023. Projekt jest finansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach programu „Społeczna Odpowiedzialność Nauki" - Popularyzacja nauki i promocja sportu.
Ukazanie „ludzkiej twarzy" nauki jest bardzo ważne w budowaniu zaufania do niej; to nauka i jej osiągnięcia pomagają zrozumieć jak działa otaczający nas świat i kształtują świadomość społeczną.
Głównym celem projektu jest upowszechnienie wiedzy przyrodniczej wśród uczniów klas 7 i 8 szkoły podstawowej oraz klas 1 i 2 szkoły ponadpodstawowej, poprzez ich zaangażowanie w aktywne wykorzystanie przygotowanych materiałów dydaktycznych dotyczących zagadnień przyrodniczych.
Materiały projektowe, czyli gry planszowe z interaktywnymi e-bookami dotyczą następujących interdyscyplinarnych tematów:
1. Kolory chemii, czyli substancje barwne w życiu codziennym.
2. Chemiczne czy ekologiczne porządki domowe.
3. Niezwykłe cechy zwykłej wody.
4. Powietrze w roli głównej.
5. Ad- czy ab-? A może po prostu sorpcja?
6. Zagadki kryminalne … dla chemika.
7. Szybko, szybciej, a może wolniej?
8. Alarm ekologiczny - służby ratownictwa ekologiczno-chemicznego w akcji.
9. Ślady, które widać i te których nie widać.
10. Co kryje w sobie apteczka domowa?

Wszyscy lubimy planszówki, a nasz mózg lubi wyzwania. Nauka przez zabawę z naszymi grami planszowymi, to jest to!

Kierownik projektu: dr Małgorzata Krzeczkowska

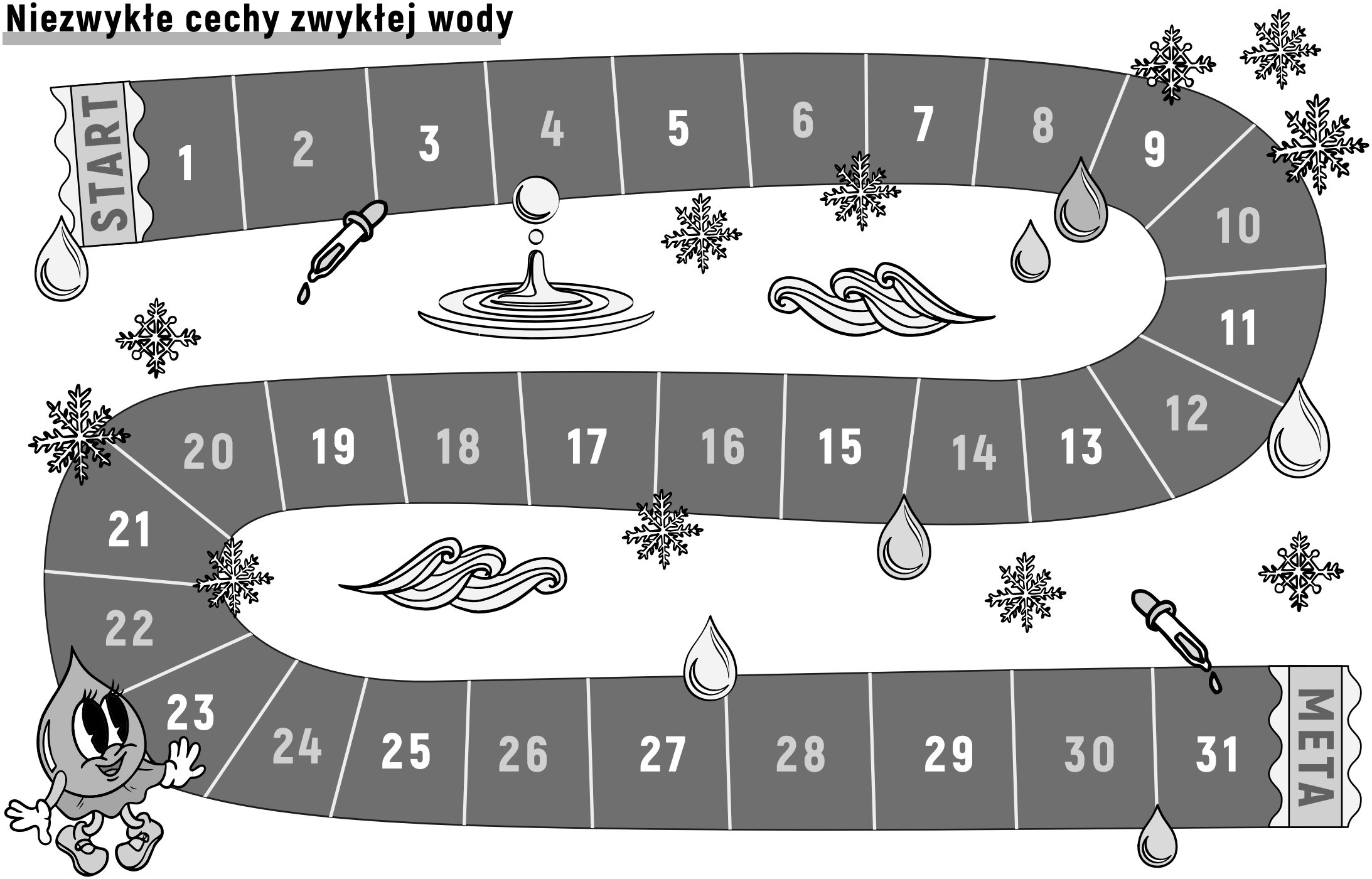
Niezwykłe cechy zwykłej wody



W ramach programu „Społeczna Odpowiedzialność Nauki”
„Płatne ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki
na podstawie umowy nr SONP/SP/514547/2021 z dnia 14 lutego 2022;
nazwa projektu „O nauce w sposób popularny ...” ; kwota środków 38 000 zł.”

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

Niezwykłe cechy zwykłej wody



W ramach programu „Społeczna Odpowiedzialność Nauki”
„Płatne ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki
na podstawie umowy nr SONP/SP/514547/2021 z dnia 14 lutego 2022;
nazwa projektu „O nauce w sposób popularny ..." ; kwota środków 38 000 zł.”

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

Ale fajnie być badaczem…

Pamiętasz, jak byłeś dzieckiem? Obserwowałeś otaczający Cię świat. Wszystko Cię interesowało, nurtowało, chciałeś dotknąć, powąchać, spróbować, chciałeś wszystko sprawdzić, sprawdzić samemu! Najbardziej ciekawiło Cię to czego rodzicie nie pozwolili ci robić mówiąc: nie dotykaj, nie rób tego, proszę przestań!

A Ty nieustannie wołałeś: Mamo, Tato – ale fajnie! Jaką radością było skakanie po kałuży, uderzanie dłonią o taflę wody siedząc w wanience, ile siły musiałeś włożyć, aby zanurzyć pod wodę uśmiechniętą kaczuszkę, która towarzyszyła Ci w trakcie kąpieli.

Pamiętasz emocje, odczucia jakie Ci towarzyszyły? Ciekawość, brak lęku, chęć nieustannego działania, radość z poznawania nowych rzeczy. A pamiętasz chwile, gdy pytałeś: Co się stanie gdy? A dlaczego jest tak? Nie zawsze zadawalałeś się pierwszymi otrzymanymi odpowiedziami od Rodziców, a potem jak byłeś starszy od kolegów czy też nauczycieli w szkole.

Nawet nie wiesz, że już jako dziecko byłeś małym odkrywcą. Twoje przewidywania, ich testowanie; potwierdzałeś lub obalałeś, ale co najważniejsze działałeś dalej, kombinowałeś, szukałeś – tworzyłeś nowe przewidywania i czułeś, że to nie jest ostateczne wyjaśnienie – byłeś gotowy porzucić te już stworzone, zmienić je w inne, gdy te pierwsze okazały się fałszywe. Nie bałeś się popełnić błędu. Twoja refleksja i chęć rozwiązania problemu prowadziła Cię dalej. Dzisiaj pewnie już wiesz, że to żaden wstyd; przeciwnie podstawa Twojego rozwoju.

Chcę obudzić w Tobie to ciekawskie, odważne, nieustannie pytające dziecko, dziecko zdobywające wiedzę o otaczającym go świecie poprzez zadawanie pytań, obserwację i działanie, czyli tak naprawdę stosujące myślenie i metodę naukową.

Czy nie działałeś według schematu: odczuć – pomyśleć – zareagować – działać bezpiecznie? To była Twoja droga zdobywania informacji o świecie; a ja powiem, że to Twoja droga poznawczego opanowywania świata; a jednocześnie droga Twojego rozwoju. Brałeś czynny udział w procesie pogłębiania swojej wiedzy na drodze poznawczo-badawczej działalności w stworzonych, wykreowanych przez siebie sytuacjach. Bo nie jest prawdą, że ciekawość to pierwszy stopień do piekła; gdyby nie Twoja ciekawość, gdyby nie ciekawość naukowców to nie byłoby nie tylko nas, ale i rozwoju otaczającego świata.

Prześledźmy dokładniej Twoje działania realizowane wg schematu: odczuć – pomyśleć – zareagować – działać bezpiecznie:

- zobaczyć, zauważyć, odczuć problem/trudność
- zastanowić się, pomyśleć nad znalezionym problemem, trudnością; czego chce się dowiedzieć o problemie? co mnie nurtuje? czy „coś” istnieje? jak „coś” się dzieje? dlaczego, tak się dzieje? skąd wiadomo, że …?
- sprawdzić, dowiedzieć się jak inni poradzili sobie w jakiej sytuacji? jak rozwiązali taki podobny problem?
- zaproponować pomysły na rozwiązanie problemu, sposób pokonania trudności
- zweryfikować trafność pomysłów rozwiązań, sprawdzić czy w praktyce takie rozwiązanie jest słuszne, czy sposób pokonania trudności zadziałał?
- czyli wcielić plan w życie.

A co na końcu tego łańcucha? Bezcenne korzyści – doświadczenie, zdobyta nowa wiedza rozpoczynająca konfrontację z wiedzą potoczną. Liczę, że udało Ci się tę wiedzę usystematyzować; liczę że udało się rozwinąć również wiele umiejętności, np. umiejętność zastosowania zdobytej wiedzy w praktyce. A Twoje umiejętności to przecież Twoje kompetencje, które zapewne wykorzystujesz w życiu.

M.Krzeczkowska

Zeskanuj kod QR
i przeczytaj
cały artykuł

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

Instrukcja

Celem gry jest utrwalenie podstawowych wiadomości z chemii, biologii i fizyki związanych z tematem gry oraz poznanie nowych zagadnień z perspektywy ich zastosowań w życiu codziennym. Dodatkowo rozegranie gry pozwoli na poznanie elementów metody naukowej oraz kształtowanie postawy badawczej graczy.

Liczba graczy:

- dowolna (najlepiej 2-4)

Ta gra planszowa wymaga dodatkowo:

- pionki: 1 sztuka dla każdego gracza
- kostki: 1 zwykła
- indywidualnej karty odpowiedzi (wydruk dla każdego gracza)

Zasady gry

Planszę należy ustawić na środku stołu/biurka/ławki. Na początku gracze ustawiają swoje pionki na polu Start, a następnie każdy z graczy kolejno rzuca kostką. Jako pierwsza przesuwa swój pionek osoba, która wyrzuci najwięcej oczek na kostce i odpowiada na pytanie z pola, na którym się znalazła. Jeżeli udzielona odpowiedź jest poprawna, to kolejna osoba (z największą liczbą oczek) przechodzi na odpowiednie pole i odpowiada na pytanie. W przypadku nieudzielenia poprawnej odpowiedzi na pytanie, gracz cofa się na poprzednie pole; a jeżeli spośród pozostałych graczy ktoś poda poprawną odpowiedź, to przechodzi na to pole. W pozostałych sytuacjach, kolejka przechodzi na gracza po prawej stronie poprzednio odpowiadającej osoby. Wejście na pole Meta kończy grę, nawet jeśli gracz wyrzucił więcej oczek niż potrzeba do wejścia na to pole.

Legenda



Karta z tym znakiem zawiera pytania dla Ciebie, które gdy je rozwiążesz to możesz przesuwać swój pionek na następne pole.



Karta z tym znakiem to zbiór Twoich odpowiedzi na pytania, możesz na nich również zapisywać swoje spostrzeżenia.



Karta z tym znakiem to karta doświadczenia, które możesz wykonać własnoręcznie! Super,prawda?!

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

ROZWIĄŻ

Odpowiadaj po kolei na poniższe pytania, gdy odpowiesz prawidłowo to przesuwaj swój pionek na kolejne pola.

1. Z czym kojarzy ci się słowo „woda”? Czy w nazwie danego produktu zawsze oznacza ono napój? Odpowiedź na to pytanie uzyskasz rozwiązując poniższe zadanie. Połącz nazwy produktów (1 – 7) z ich definicjami (A – G).

1.woda destylowana	A. Roztwór kompozycji zapachowej, który zawiera od 5 % – 10 % substancji zapachowych rozpuszczonych w alkoholu etylowym o stężeniu 70 % – 80 %.
2.woda utleniona	B. Mieszanina stężonych kwasów, solnego i azotowego(V), których stosunek objętościowy wynosi 3:1.
3.woda toaletowa	C. Woda, która charakteryzuje się wysokim stężeniem kationów Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} oraz anionów Cl^-, HSO_4^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- i CO_3^{2-}, które nadają jej intensywnie gorzko-słony smak.
4.woda gipsowa	D. Woda, która została pozbawiona soli mineralnych oraz większości innych zanieczyszczających ją substancji.
5.woda ciężka	E. Nasycony wodny roztwór siarczanu(VI) wapnia.
6.woda morska	F. Najczęściej 3 % wodny roztwór nadtlenku wodoru.
7.woda królewska	G. Woda, w cząsteczkach której znaczną część atomów wodoru stanowi izotop ^2H, czyli deuter.

2. Wpisz w wolne miejsca odpowiednie cyfry/liczby, tak aby zdania były prawdziwe.
Jedna cząsteczka wody, zbudowana z izotopów $^{1}_{1}H$ i $^{16}_{8}O$ składa się z _____ atomów i zawiera łącznie _____ protonów, _____ neutronów oraz _____ elektronów. W cząsteczce są _____ wiążące (wspólne) i wolne pary elektronowe. Jedna cząsteczka wody waży _____ u, czyli g. W próbce wody o masie 9 g jest _____ cząsteczek wody, a tym samym _____ atomów wodoru i _____ atomów tlenu.

3. Woda ciężka to woda, w cząsteczkach której w miejscu atomów protu znajdują się atomy deuteru. Ze względu na możliwość wykorzystywania ciężkiej wody w programach produkcji broni atomowej, w niektórych krajach obrót tym związkiem jest prawnie kontrolowany. Podaj jak można w prosty sposób, nie używając skomplikowanych urządzeń chemicznych odróżnić próbkę wody ciężkiej od wody destylowanej.

4. Zosia i Kacper postanowili zbadać temperaturę wody z pewnego jeziora. Pobrali próbki wody i zmierzyli jej temperaturę stosując ten sam termometr. Temperatura wody w próbce Kacpra wynosiła 2 °C, a w próbce Zosi 4 °C.
W każdym zdaniu wybierz właściwe uzupełnienie, tak aby zdania były prawdziwe.
Woda pobrana przez Kacpra ma gęstość (większą / mniejszą) niż woda pobrana przez Zosię. Próbkę wody Kacpra pobrano na (większej / mniejszej) głębokości niż próbkę wody Zosi. Oddziaływania wodorowe pomiędzy cząsteczkami wody o temperaturze 2 °C są (silniejsze / słabsze) niż pomiędzy cząsteczkami wody o temperaturze 4 °C.

5. Woda jest doskonałym rozpuszczalnikiem dla wielu substancji. Niektóre z roztworów powstałych na bazie wody mają swoje charakterystyczne nazwy. Połącz w pary nazwę roztworu wodnego (1 – 6) ze wzorem substancji w rozpuszczonej (A – F). Substancję można przypisać do danego przykładu tylko raz.

Nazwa roztworu	Wzór substancji rozpuszczonej
1. woda gazowana	A. $Mg(HCO_3)_2$
2. woda wapienna	B. H_2O_2
3. woda utleniona	C. Br_2
4. woda twarda	D. CO_2
5. woda amoniakalna	E. $Ca(OH)_2$
6. woda bromowa	F. NH_3

6. Nartnik to owad, który nazywany jest wybitnym narciarzem wodnym. Potrafi doskonale przemieszczać się po ciekłej wodzie, podobnie jak narciarz, który ślizga się po śniegu. Wskaż odpowiedź, która opisuje wyjaśnienie tego zjawiska.
A. Cząsteczka wody jest dipolem, czyli ma budowę polarną.
B. Woda w stanie ciekłym ma mniejszą gęstość niż lód.
C. Woda ma wysoką wartość napięcia powierzchniowego.
D. Cząsteczki wody są ciaśniej upakowane w wodzie w stanie stałym niż w stanie ciekłym.

7. Oblicz, liczbę moli cząsteczek oraz liczbę cząsteczek wody, które zawiera człowiek ważący 59 kg, przy założeniu, że 61% masy jego ciała stanowi woda.

8. Woda bierze udział w wielu reakcjach chemicznych. Zapisz równanie reakcji, w której woda jest substratem a dodatkowo, reakcja jest reakcją wymiany pojedynczej.
Drugi substrat wybierz spośród podanych poniżej:
MIEDŹ | SÓD | TLENEK SODU | WODOROTLENEK POTASU | WODÓR
FENOLOFTALEINA | CHLOREK SODU | KWAS SOLNY

9. Wybierz poprawne uzupełnienie zdania.
Napięcie powierzchniowe wody można zwiększyć...

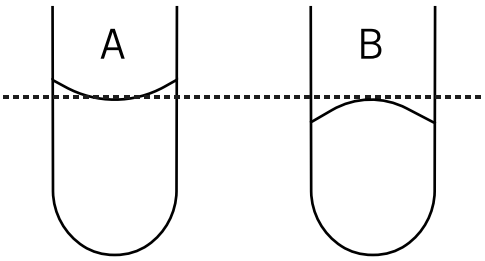
1. dodając do niej detergent,	ponieważ,	A. ze wzrostem temperatury cząsteczki wody poruszają się szybciej.
2. rozpuszczając w niej chlorek potasu,		B. wzrastają wtedy oddziaływania międzycząsteczkowe.
3. podnosząc temperaturę wody,		C. jego fragment hydrofobowy odpycha cząsteczki wody.
4. wlewając do niej olej,		D. pod wpływem jego ciężaru dolna warstwa wody jest bardziej zwarta.

10. Twardość wody to właściwość wynikająca między innymi z obecności w niej soli wapnia i magnezu. Rozróżnia się dwa rodzaje twardości wody: twardość węglanową (przemijającą, nietrwałą) oraz niewęglanową (trwałą). Twardość węglanowa jest wywoływana głównie przez obecność w wodzie wodorowęglanu wapnia $Ca(HCO_3)_2$ i wodorowęglanu magnezu $Mg(HCO_3)_2$. Twardość trwała jest spowodowana m.in. obecnością rozpuszczalnych w wodzie azotanów(V) i chlorków wapnia oraz magnezu.
Podaj jeden sposób usunięcia twardości węglanowej oraz jeden twardości niewęglanowej. Zapisz odpowiednie równania reakcji w formie cząsteczkowej.

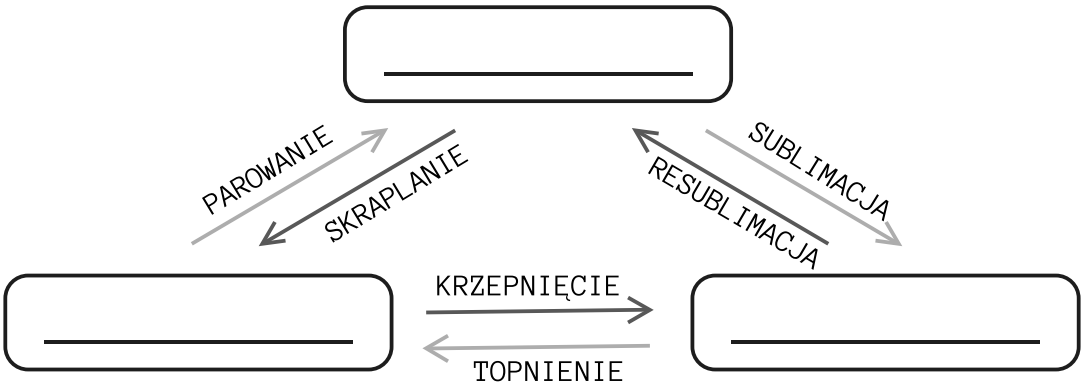
11. Ocena jakości wody służb sanitarnych wskazuje, że do najczęściej występujących przekroczeń występujących w wodach podziemnych można zaliczyć wysoki poziom zawartości jonów manganu(II). Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi określa dopuszczalną zawartość jonów manganu(II) w wodzie na 50 mg Mn^{2+}/l. Pewien właściciel ziemski postanowił zabawić się w detektywa i zbadać zdatność do spożycia wody pobranej ze świeżo wykopanej przez niego studni. Do badania pobrał próbkę wody o objętości 150 cm^3. Oceń czy woda ta jest zdatna do picia, jeżeli stwierdzono w niej obecność 0,03 mg jonów Mn^{2+}.

12. Wymień dwie przykładowe substancje, których w przypadku zapalenia nie można gasić wodą i uzasadnij dlaczego.

13. Po wlaniu cieczy do naczynia, w pobliżu jego ścianek, powierzchnia cieczy zostaje zakrzywiona i tworzy się tzw. menisk wklęsły (A) lub wypukły (B) – co przedstawiono na rysunku na następnej stronie. Rodzaj menisku zależy od rodzaju cieczy. Szczególnie dobrze jest to widoczne w wąskich naczyniach szklanych.
Który rodzaj menisku tworzy woda?



14. Na schematycznym rysunku zaznaczono strzałkami nazwy przemian fazowych jakim ulega woda. W puste miejsca (kropki) wpisz odpowiedni stan skupienia wody.



15. Wśród wód występujących na Ziemi wyróżniamy wody słone i słodkie, z czego wody słodkie stanowią niewielki procent ogólnej zawartości wód. Zasolenie wyraża się w promilach, oznaczających ilość gramów soli zawartej w 1 kg wody morskiej. Najbardziej zasolonym morzem jest Morze Czerwone, a zbiornikiem wodnym – Morze Martwe.
Pobrano dwie próbki wody – jedną z Morza Czerwonego, a jedną z Martwego. Zasolenie pierwszej próbki wynosiło 39 $^{0}/_{00}$, a drugiej 260 $^{0}/_{00}$.
Oblicz, ile gramów wody z Morza Czerwonego trzeba odparować, żeby uzyskać taką ilość soli jak po odparowaniu 150 g wody z Morza Martwego.

16. Podaj, w którym stanie skupienia, między cząsteczkami H_2O znajdują się regularne, puste przestrzenie spowodowane obecnością silnych wiązań wodorowych.

17. Spośród podanych stwierdzeń dotyczących właściwości wody, wskaż zdania nieprawdziwe.
A. Wiązania wodorowe występują tylko między cząsteczkami wody w stałym stanie skupienia.
B. Woda rozpuszcza substancje o budowie jonowej.
C. Woda przechodząc ze stanu ciekłego w stan stały zmniejsza swoją objętość.

D. Napięcie powierzchniowe wody o temperaturze 20 °C jest większe niż napięcie powierzchniowe nafty o tej samej temperaturze.
E. Różnice w temperaturach wrzenia wody (100 °C) i amoniaku (−33 °C) wynikają m.in. z obecności znacznie silniejszych wiązań wodorowych między cząsteczkami H_2O niż NH_3.
F. W Zakopanem na Krupówkach i na Rysach woda wrze w takiej samej temperaturze.

18. Podaj, jak nazywa się zjawisko, które utrzymuje krople wody na szybie lub krople wody na pajęczynie.

19. Podczas sporządzania kremu użyto emulgatora, który umożliwił wytworzenie trwałej emulsji o konsystencji kremowej. Aby sprawdzić czy jest to emulsja typu o/w czy w/o, na dwa szkiełka zegarkowe naniesiono warstwę emulsji o średnicy 1 cm, a następnie na jedną z nich nakropiono kroplę barwnika 1 o właściwościach hydrofilowych, a na drugą kroplę barwnika 2 o właściwościach hydrofobowych. Zaobserwowano, że barwnik 1 pozostawił na emulsji barwną kroplę jedynie w miejscu jego nakropienia, a barwnik 2 rozpłynął się po całej powierzchni emulsji. Wskaż z jakiego typu emulsją mamy do czynienia oraz określ czy sporządzony w ten sposób krem będzie miał właściwości nawilżające czy natłuszczające.

20. Woda w odpowiednich warunkach zmienia swój stan skupienia. Przemiany takie mają swoje nazwy np. zmiana wody w lód to krzepnięcie. Przypisz podane niżej zjawiska do powiązanej z jego przebiegiem przemiany fazowej:

PRZEMIANA FAZOWA

1. KRZEPNIĘCIE | 2. PAROWANIE | 3. RESUBLIMACJA
4. SKRAPLANIE | 5. SUBLIMACJA | 6. TOPNIENIE

ZJAWISKA

deszcz | transpiracja | powstawanie lodowców
szron | szadź | powodzie po śnieżnej zimie
„zaparowanie” okularów | zanik pokrywy śnieżnej podczas mroźnej, ale słonecznej pogody

21. Bezwodny chlorek kobaltu(II) jest barwy niebieskiej i ma właściwości higroskopijne, czyli łatwo ulega uwodnieniu. Barwa uwodnionych soli chlorku kobaltu(II) zmienia się od bladoróżowej do intensywnie czerwonej w zależności od stopnia uwodnienia soli.

Spośród podanych zastosowań chlorku kobaltu(II) wskaż te, które wynikają bezpośrednio z opisanych wyżej właściwości tego związku.

A. wskaźnik wilgotności
B. składnik nawozów sztucznych
C. surowiec do produkcji katalizatorów
D. atrament sympatyczny

22. Poniżej podano przykłady przemian fizycznych i chemicznych zachodzących z udziałem wody. Przypisz je do właściwego rodzaju przemiany.

- skraplanie pary wodnej
- elektroliza wody
- powstawanie kwaśnych deszczy
- rozpuszczanie cukru w wodzie
- topnienie lodu
- rdzewienie żelaza

23. Określ, czy poniższe zdania są prawdziwe czy fałszywe.

1. Woda w stanie ciekłym jest obecna tylko na Ziemi.
2. Powierzchnia księżyców Jowisza i Saturna pokryta jest lodem.
3. Para wodna jest gazem, który ma największy wkład w ziemski efekt cieplarniany.
4. Masa lodu, który powstał ze 100 g ciekłej wody jest większa, niż masa wody, z której powstał.

24. Połącz w pary procedurę opisującą sposób przygotowania roztworu (1–4) z jego stężeniem (A–D).

	PROCEDURY
1.	Zmieszanie 2g perhydrolu o stężeniu 30 % z 18 g wody.
2.	Wprowadzenie 3,2 g tlenku sodu do kolby miarowej o objętości 500 cm^3, dodanie niewielkiej ilości wody i po rozpuszczeniu ciała stałego uzupełnienie wodą destylowaną do kreski
3.	Rozpuszczenie 15 g siarczanu(VI) miedzi(II) ·— woda(1/5) w 50 g wody.
4.	Zmieszanie 2 cm^3 65 % roztworu kwasu azotowego(VI) o gęstości 1,4 g/cm^3 z 250 cm^3 wody destylowanej (w trakcie mieszania nie zachodzi zjawisko kontrakcji).

	STĘŻENIE ROZTWORU
A.	0,21 mol/dm^3
B.	14,8 %
C.	0,11 mol/dm^3
D.	3 %

25. Entalpia parowania wody $H_2O_{(c)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ to ciepło, jakie należy dostarczyć, aby przeprowadzić 1 mol (18 gramów) ciekłej wody w parę wodną. Ciepło to oznaczane jest symbolem ΔH i wynosi 44 kJ/mol. Na podstawie tej informacji uzupełnij tekst:

Entalpia skraplania wody $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(c)}$ wynosi _____. Jest to reakcja _____, w której energia w postaci ciepła jest przekazywana z _____ do _____.

26. Wybierz w każdym zdaniu właściwe uzupełnienie, tak aby zdania były prawdziwe.

Po dodaniu stężonego kwasu siarkowego(VI) do wody powstaje roztwór o gęstości (mniejszej niż / większej niż / takiej samej jak) gęstość stężonego H_2SO_4. Temperatura roztworu w czasie dodawania stężonego kwasu siarkowego(VI) do wody (maleje / nie zmienia się / wzrasta) ponieważ jest to proces (egzo / endo)termiczny.

27. Na terenie parku doszło do wypadku, którego uczestnikami byli dwaj uczniowie szkoły podstawowej. Poszkodowany w wypadku twierdzi, że najechał na niego rowerzysta. Dowodem przestępstwa ma być potłuczone szkło z lampy rowerowej, którego kawałek wbił się w skórę poszkodowanego. Rowerzysta twierdzi jednak, że jego lampa była już rozbita wcześniej a szkło w nodze poszkodowanego pochodzi z rozbitej butelki, którą trzymał w ręce, gdy się potknął o własną sznurówkę. Policja zaproponowała, aby uczniowie porównali fragment szkła, które zraniło poszkodowanego z tymi zabranymi z resztek lampy rowerowej oraz zbitej butelki. Do dyspozycji mają wagę, cylinder miarowy oraz wodę. Zaproponuj sposób rozwiązania zagadki.

28. Podane poniżej przykłady procesów są oparte na pewnych reakcjach chemicznych. Podziel je na te, w których woda jest substratem i te w których jest produktem zachodzącej reakcji chemicznej.

- tworzenie stalaktytów
- spalanie węglowodorów
- twardnienie zaprawy gipsowej
- fotosynteza
- estryfikacja
- twardnienie zaprawy murarskiej
- gaszenie wapna

29. W poniższej tabeli podano wybrane właściwości wody. Uzupełnij tabelę wpisując jakie dana właściwość ma znaczenie biologiczne. Znaczenia wybierz z poniższych:

A. utrzymywanie stałej temperatury ciała (organizm potrafi sam się ogrzać i ochłodzić),
B. chroni przed nagłymi zmianami temperatury otoczenia,
C. cząsteczki wody przylegają do ścian cewek lub naczyń,
D. woda pobierana z gleby przez korzenie roślin jest transportowana na przykład do liści,
E. woda w jeziorze nie zamarza przy dnie, umożliwiając istnienie życia w jego głębszych partiach.

	WŁAŚCIWOŚĆ WODY	ZNACZENIE BIOLOGICZNE
1.	Ruch kapilarny wody.	
2.	Największą gęstość ma woda o temperaturze 4 °C.	
3.	Duże ciepło właściwe i duża pojemność cieplna.	
4.	Zdolność do adhezji, czyli przyciągania cząsteczek wody do powierzchni elektrycznie naładowanych.	

30. Podaj przykład układu:

a) wieloskładnikowego homogenicznego, w którym jednym ze składników jest woda w stanie gazowym;
b) wieloskładnikowego heterogenicznego, w którym jednym ze składników jest woda w stanie ciekłym;
c) jednoskładnikowego heterogenicznego, w którym składnikiem jest woda.

31. Spośród podanych substancji i mieszanin substancji, wybierz te które dobrze rozpuszczają się w wodzie.

- CUKIER(SACHAROZA)
- PROSZEK DO PIECZENIA
- KWASEK CYTRYNOWY
- SZARE MYDŁO
- MASŁO
- SÓL KUCHENNA
- PROSZEK DO PRANIA
- KREDA

ODPOWIEDZI

1. 1.D | 2.F | 3.A | 4.E | 5.G | 6.C | 7.B

2. 3 | 10 | 8 | 10 | 2 | 2 | 18 | $2{,}99 \cdot 10^{-23}$ | $3{,}01 \cdot 10^{23}$ | $6{,}02 \cdot 10^{23}$ | $3{,}01 \cdot 10^{23}$

3. W doświadczeniu należy porównać jeden z wybranych parametrów: masy próbek wody o tej samej objętości, temperaturę wrzenia, temperaturę krzepnięcia.

4. mniejszą | mniejszej | silniejsze

5. 1.D | 2.E | 3.B | 4.A | 5.F | 6.C

6. C. | Jeżeli temat napięcia powierzchniowego jest dla Ciebie interesujący, oglądnij film z kodu QR

7. 61% z 59 kg to masa wody w organizmie, czyli 36 kg
18 g H_2O – 1 mol cząsteczek H_2O
$36{,}0 \cdot 10^3$ g – x, x = 2000 moli cząsteczek H_2O
1 mol – $6{,}02 \cdot 10^{23}$ cząsteczek H_2O
2000 moli – y; $y = 1{,}2 \cdot 10^{24}$ cząsteczek H_2O
Odpowiedź: 2000 moli cząsteczek H_2O; $1{,}2 \cdot 10^{24}$ cząsteczek H_2O

8. $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$
Reakcję sodu w wodą możesz zobaczyć na filmie pod kodem QR

9. 2. B.

10. Usuwanie twardości węglanowej: np. ogrzewanie wody
$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ogrzewanie}} CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$
$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ogrzewanie}} MgCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$
Usuwanie twardości niewęglanowej: np. reakcja z węglanem sodu
$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaCl$

11. 200 mg Mn^{2+}/l ⟶ woda niezdatna do spożycia

12. Na przykład benzyna i olej, ponieważ są to ciecze lżejsze od wody.

13. A.

ODPOWIEDZI

14. góra: gaz | dół lewa: ciecz | dół prawa: ciało stałe

15. 1000 g wody z Morza Martwego – 260 g soli
150 g – x; x = 39 g

39 $^{0}/_{00}$ ⟶ 39 g soli w 1000 g wody z Morza Czerwonego

Należy odparować 1000 g wody z Morza Czerwonego, aby uzyskać tyle soli ile ze 150 g wody z Morza Martwego.

16. Stan stały (Lód)

Jeżeli interesuje Cię temat wiązań wodorowych, to zeskanuj kody obok.

17. A. | C. | F.

18. Adhezja

Napięcie powierzchniowe i adhezja – możesz więcej dowiedzieć się pod tymi kodami.

19. Emulsja w/o – krem natłuszczający

20. 1. szadź, powstawanie lodowców
2. transpiracja
3. szron
4. deszcz, „zaparowanie” okularów
5. zanik pokrywy śnieżnej podczas mroźnej, ale słonecznej pogody
6. powodzie po śnieżnej zimie

O przemianach fazowych wody możesz przeczytać pod tym kodem

21. A. | D.

22. Przemiana fizyczna: skraplanie pary wodnej, topnienie lodu, rozpuszczanie cukru w wodzie.
Przemiana chemiczna: elektroliza wody, powstawanie kwaśnych deszczy, rdzewienie żelaza.

ODPOWIEDZI

23. 1.Fałsz | 2.Prawda | 3.Prawda | 4.Fałsz

Chcesz wiedzieć więcej, to poczytaj tekst pod tym kodem

24. 1.D. | 2.A. | 3.B. | 4.C.

25. −44 kJ/mol | egzotermiczna | układu | otoczenia

26. mniejszej niż | wzrasta | egzotermiczny

27. Należy porównać gęstość szkła. W tym celu ważymy każdy kawałek, a następnie wprowadzamy go do cylindra z wodą i badamy na jaką wysokość podniesie się poziom wody. Z różnicy poziomów wody określamy objętość kawałka szkła. Gęstość szkła wyznaczamy ze stosunku jego masy do objętości i porównujemy je z gęstością szkła, które wbiło się w zranione miejsce.

28. woda jako substrat: twardnienie zaprawy gipsowej, fotosynteza, gaszenie wapna

woda jako produkt: tworzenie stalaktytów, spalanie węglowodorów, estryfikacja, twardnienie zaprawy murarskiej

29. 1.D. | 2.E. | 3.A. B. | 4.C.

30. a) powietrze
b) mgła, woda z olejem
c) woda z kostkami lodu, wrząca woda z pęcherzykami pary wodnej

31. cukier (sacharoza), proszek do pieczenia, kwasek cytrynowy, szare mydło, sól kuchenna, proszek do prania.

ZAPISZ

Twoja indywidualna karta odpowiedzi

Pytanie	Odpowiedź	Twój komentarz / zanotuj nowe pojęcia, pojęcia do sprawdzenia

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

ZAPISZ

Twoja indywidualna karta odpowiedzi

Pytanie	Odpowiedź	Twój komentarz / zanotuj nowe pojęcia, pojęcia do sprawdzenia

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

ZAPISZ

Twoja indywidualna karta odpowiedzi

Pytanie	Odpowiedź	Twój komentarz / zanotuj nowe pojęcia, pojęcia do sprawdzenia

WYKONAJ

Doświadczenie

Gęstość lodu i ciekłej wody na tle innych cieczy

Potrzebne materiały

Odczynniki:
- ciekła woda
- denaturat (najlepiej bezbarwny)
- olej roślinny

Sprzęt:
- wysoka szklanka lub słoik
- foremki np. silikonowe lub plastikowe do robienia kostek lodu
- 1 łyżeczka do herbaty
- dzbanek lub naczynie z miarką do odmierzenia objętości denaturatu i ciekłej wody
- lejek
- zamrażalnik
- zegarek lub stoper

Kolejne kroki do wykonania

1. Do silikonowej foremki do robienia kostek lodu wlej wodę i umieść w zamrażarce na kilka godzin.(Uwaga: przygotowane kostki lodu są konieczne do przeprowadzenia dalszej części doświadczenia)
2. Do czystej, pustej i suchej szklanki wlej ok. 100 cm^3 oleju roślinnego, a następnie przez lejek wlej ostrożnie po ściance do tej samej szklanki ok. 100 cm^3 denaturatu.
3. Do tak przygotowanego układu, ostrożnie włóż za pomocą łyżeczki do herbaty, kilka przygotowanych wcześniej kostek lodu.
4. Przez ok. 30 minut obserwuj zachodzące w szklance zmiany. Udziel odpowiedzi na poniższe pytania.

Pytania:
1. Jaka mieszanina powstała po dodaniu denaturatu do oleju?
2. W jakiej warstwie zatrzymała się kostka lodu po włożeniu jej do mieszaniny oleju i denaturatu?
3. Opisz, co dzieje się z kostką lodu w czasie prowadzonych obserwacji?
4. Po jakim czasie kropla wody odrywa się od kostki lodu?
5. W jakim kształcie są krople, które gromadzą się na dnie szklanki?
6. Co dzieje się z kroplami wody na dnie szklanki?
7. Dlaczego lód unosi się w warstwie oleju?
8. Dlaczego woda w stanie ciekłym opada na dno szklanki?

Uwagi ogólne

- doświadczenie wykonuj tylko w obecności osoby dorosłej
- zachowaj ostrożność podczas wszelkich czynności
- uzupełniaj na bieżąco kartę pracy

O NAUCE W SPOSÓB POPULARNY
Ministerstwo Edukacji i Nauki
Rzeczpospolita Polska
UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

ZAPISZ

Indywidualna karta pracy do doświadczenia

Gęstość lodu i ciekłej wody na tle innych cieczy

Schematyczny rysunek

Obserwacje

Co się wydarzyło?

Jak myślisz, dlaczego tak się wydarzyło?

Wnioski podsumowujące

Doświadczenie – informacje podsumowujące

Wyjaśnienie przebiegu doświadczenia

- Poniżej 0 °C woda ciekła zmienia się w ciało stałe (lód). Jest to proces fizyczny – krzepnięcie. Gęstość wody w trakcie krzepnięcia maleje, co jest jedną z wyjątkowych i anomalnych właściwości wody. Procesem odwrotnym do krzepnięcia jest topnienie czyli przemiana lodu w ciekłą wodę (ciała stałego w ciecz).
- Olej roślinny i denaturat nie mieszają się ze sobą i tworzą mieszaninę niejednorodną (układ dwufazowy). Jest to związane z tym, że cząsteczka C_2H_5OH ma budowę polarną, a cząsteczka estru budowę niepolarną. Istnieje zasada, że substancje polarne rozpuszczają się w polarnych rozpuszczalnikach, a niepolarne w niepolarnych. Olej ma większą gęstość niż denaturat, dlatego stanowi on dolną warstwę mieszaniny.
- Wprowadzona do układu kostka lodu znajdzie się pomiędzy warstwą denaturatu i oleju. Dzieje się tak dlatego, że lód ma mniejszą gęstość niż olej, a większą niż denaturat.
- Gdy lód zaczyna się topić, na spodzie kostki zbierają się krople wody. Gdy będzie ich wystarczająca ilość, tworzy się większa kropla, która pod wpływem siły grawitacji oddziela się od kostki lodu. Kropla wody ma większą gęstość niż olej roślinny oraz lód i dlatego po oderwaniu opada na dno szklanki.
- Gdy kropla opada na dno szklanki przyjmuje kształt kuli. Po pewnym czasie, dzięki działającym siłom, krople na dnie szklanki łączą się ze sobą i powstaje warstwa wody.



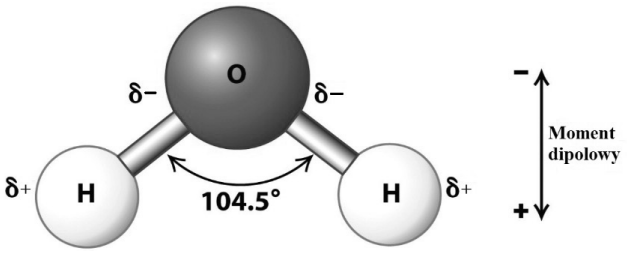
Zeskanuj kody QR
i zobacz źródło!

NIEZWYKŁE CECHY ZWYKŁEJ WODY

„Wszystko jest z wody, z wody powstało i z wody się składa”
Tales z Miletu

Woda jest najważniejszym, najbardziej rozpowszechnionym i znanym związkiem chemicznym na naszej planecie. Pokrywa ponad 70 % powierzchni Ziemi, a człowiek w około 65 % składa się z wody. Jest wciąż jedną z intensywnie badanych substancji, ze względu na swoje niezwykłe i unikalne właściwości.

Cząsteczka wody o wzorze sumarycznym H_2O, zbudowana jest z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu i ma kształt kątowy (Rys. 1). Między atomem tlenu, a atomami wodoru występują wiązania kowalencyjne spolaryzowane. Ze względu na kształt cząsteczki i dużą różnicę elektroujemności między atomem tlenu i wodoru, cząsteczka wody ma budowę polarną (dwubiegunową) i jest ona dipolem elektrycznym (posiada moment dipolowy różny od zera). W efekcie na atomie tlenu zlokalizowany jest cząstkowy ładunek ujemny (2δ−), a na każdym atomie wodoru cząstkowy ładunek dodatni (δ+).



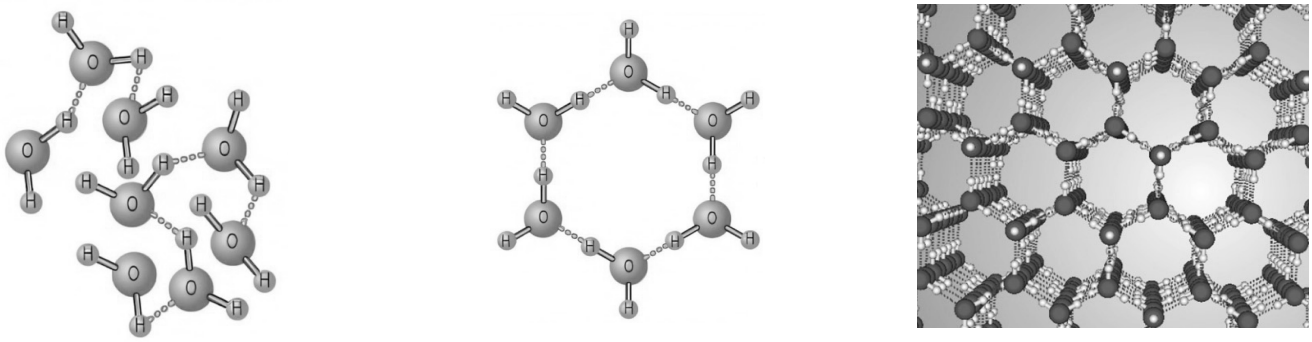
Rys. 1. Kątowy kształt cząsteczki wody.
https://alevelbiology.co.uk/notes/water-structure-properties/

Bieguny sąsiadujących cząsteczek wody mogą oddziaływać na siebie elektrostatycznie, dlatego między atomem tlenu jednej cząsteczki wody, a atomem wodoru innej cząsteczki wody tworzy się wiązanie wodorowe. Wiązania wodorowe powstają, gdy atom wodoru leży pomiędzy dwoma silnie elektroujemnymi atomami. Cząsteczki H_2O mogą łączyć się ze sobą za pomocą wiązań wodorowych w dimery, polimery, asocjaty (zespoły cząsteczek).
Budowa cząsteczki wody oraz obecność wiązań wodorowych między jej cząsteczkami jest główną przyczyną wyjątkowych i anomalnych jej właściwości, np. :

- zmiana gęstości podczas topnienia/krzepnięcia,
- maksimum gęstości w temperaturze 4 °C,
- wysokie temperatury wrzenia i topnienia,
- duże ciepło właściwe oraz ciepło parowania,
- duża wartość napięcia powierzchniowego,
- zdolność do adhezji i kohezji.

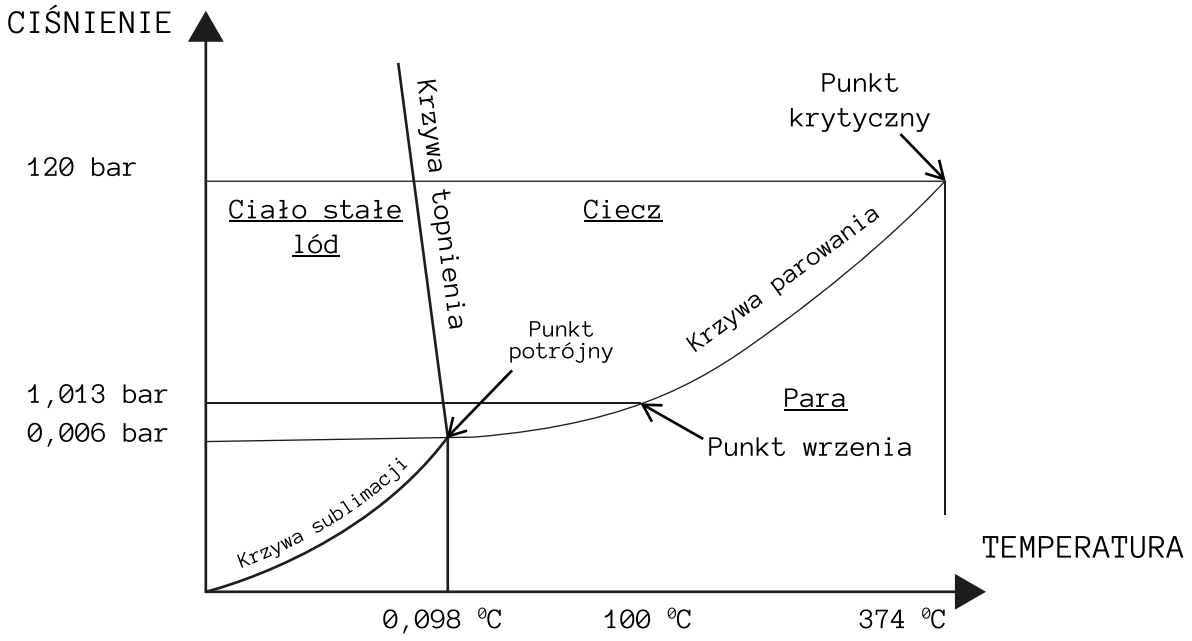
Tłumaczenie tych zjawisk dogodnie jest rozpocząć od wyjaśnienia różnic w rozmieszczeniu w przestrzeni cząsteczek wody w cieczy (stanie ciekłym) i lodzie (stanie stałym) oraz od omówienia przemian fazowych wody. Ułożenie cząsteczek w wodzie ciekłej i lodzie pokazano na poniższym rysunku (Rys. 2).

a. b. c.



Rys. 2. Ułożenie cząsteczek a) w ciekłej wodzie, b) w lodzie i c) jedna ze struktur lodu: heksagonalna odmiana lodu I_h.
http://mubirupepu.blogspot.com/2017/04/structure-of-water-and-ice.html
Maurice de Koning, Chem. Phys. 153, 110902 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0019067

Jak widać w ciekłej wodzie układ wiązań wodorowych jest przypadkowy i może się zmieniać w czasie, dlatego cząsteczki H_2O są gęściej upakowane w wodzie w stanie ciekłym niż w stanie stałym.
Woda występuje w trzech stanach skupienia (fazach). Przechodzenie z jednej fazy do drugiej następuje w określony sposób w procesie zwanym przemianą fazową lub przejściem fazowym. Temperaturę, w której zachodzi dana przemiana nazywa się temperaturą przejścia fazowego przy danym ciśnieniu. Przemiana fazowa może nastąpić pod wpływem zmian temperatury i/lub ciśnienia (patrz Rys. 3).



Rys. 3. Diagram fazowy wody.
https://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/2_stany_skupienia/05_03_00.htm

Punkt potrójny dla wody osiągany jest w temperaturze 0,0098 °C przy ciśnieniu 612 Pa. Punkt ten odpowiada współistnieniu wszystkich trzech faz w stanie równowagi: ciała stałego, cieczy i gazu. Temperatura topnienia lodu pod ciśnieniem 1013,25 hPa (1 atm.) wynosi 0 °C, a temperatura wrzenia wody w tych warunkach 100 °C. Lód ma mniejszą gęstość (większą objętość) niż woda, dlatego pływa po powierzchni wody i może rozsadzać naczynia, w których powstaje. W zimie w trakcie zamarzania wody w szczelinach dróg powstający lód niszczy asfalt. Zwiększanie objętości wody podczas krzepnięcia jest nietypowym zachowaniem w stosunku do innych substancji, które podczas krzepnięcia zmniejszają swoją objętość. Zmniejszanie objętości podczas topnienia lodu wynika z jego specyficznej, luźnej oraz sztywnej struktury krystalicznej, powstającej dzięki tworzeniu się wiązań wodorowych. Podczas topnienia lodu następuje zrywanie wiązań wodorowych, charakterystycznych dla struktury lodu. Uwolnione ze struktury krystalicznej lodu cząsteczki wody, zapełniają puste przestrzenie (Rys. 2.), dążąc do jak najgęstszego upakowania i powodując tym samym zmniejszenie objętości. W zimnej wodzie (nieco powyżej 0°C pod ciśnieniem 1 atm.) obecne są resztki "tuneli", które ulegają rozpadowi w miarę wzrostu temperatury ze względu na fakt, że w wodzie o temperaturze 0°C nie wszystkie wiązania wodorowe zostały zerwane. Podczas ogrzewania wody do temperatury 4 °C, jej gęstość wzrasta. W temperaturze 4 °C gęstość osiąga największą wartość (w przybliżeniu 1 g/cm^3), a w miarę dalszego ogrzewania woda zachowuje się już jak normalne ciecze, czyli zwiększa swoją objętość wraz ze wzrostem temperatury; a jej gęstość maleje.

Wiązania wodorowe występujące pomiędzy cząsteczkami wody powodują, że pomimo stosunkowo małej masy cząsteczkowej (18 u), woda ma wysoką temperaturę wrzenia. Aby przeprowadzić ciekłą wodę w stan pary należy dostarczyć dużo energii na sposób ciepła gdyż należy pokonać te oddziaływania wodorowe (zerwać wiązania wodorowe, zanim zacznie wrzeć). Dla porównania, siarkowodór H_2S ma temperaturę wrzenia −62 °C.

Wiązania wodorowe są też odpowiedzialne za zjawisko zwane napięciem powierzchniowym. Napięcie to wynika z różnicy sił działających na cząsteczki wody pod i nad powierzchnią cieczy. Ponieważ siły te są większe wewnątrz cieczy, cząsteczki powierzchniowe są „wciągane” do wnętrza tak aby zminimalizować powierzchnię, na której tworzy się zwarta błona. Z tego też powodu spadająca kropla wody przyjmuje kształt kulisty, wykazujący najmniejszą powierzchnię przy danej objętości. Duże napięcie powierzchniowe wody umożliwia małym owadom poruszanie się po powierzchni wody lub unoszenie małych przedmiotów (np. żyletka, spinacz) na jej powierzchni.

Woda ma również zdolność do kohezji i adhezji. Kohezja polega na wzajemnym przyciąganiu się dipolowych cząsteczek wody i utrzymywaniu ich spójnie dzięki obecności wiązań wodorowych. To właśnie siły kohezji są odpowiedzialne między innymi za napięcie powierzchniowe. Adhezję wody najlepiej wyjaśnić jako zdolność wody do przylegania do innych powierzchni poprzez tworzenie słabych oddziaływań powierzchniowych. Właściwości kohezyjne i adhezyjne wody odpowiedzialne są za jej transport, jak i transport składników odżywczych w roślinach wbrew sile grawitacji.

Woda ma również wyjątkowo dużą wartość ciepła parowania, czyli ciepła jakie należy dostarczyć, aby przeprowadzić 1 mol (18 g) wody w parę wodną. Parowanie jest procesem endotermicznym. Ciepło parowania dla wody wynosi 41 kJ/mol.Organi-

zmy żywe wykorzystują wysokie ciepło parowania wody do pozbycia się nadmiaru ciepła, dlatego gdy jest nam zbyt gorąco pocimy się. Woda ma również dużą pojemność cieplną. Podniesienie temperatury określonej ilości wody o jeden stopień wymaga dostarczenia bardzo dużo energii, więc woda pomaga regulować dobowe wahania temperatury powietrza i wód (jest buforem termicznym) oraz może być stosowana do magazynowania energii cieplnej.

Ze względu na swoją polarność i zdolność do tworzenia wiązań wodorowych woda jest doskonałym rozpuszczalnikiem dla wielu substancji. Większość reakcji chemicznych ważnych dla życia zachodzi wewnątrz komórek w środowisku wodnym, a zdolność wody do rozpuszczania wielu substancji umożliwia ich transport do wnętrza komórek gdzie dalej ulegają reakcjom chemicznym. W wodzie dobrze rozpuszczają się substancje o podobnej budowie, czyli o budowie polarnej lub posiadające wiązania jonowe.

Powyżej przedstawiono, w sposób uproszczony, wybrane właściwości wody – substancji, bez której nie byłoby życia na Ziemi.

Inspiracje do pytań i artykułu:

1. J. Hetmańczyk, Różne spojrzenia na wodę. Woda i jej struktura molekularna w różnych stanach skupienia, Niedziałki 3 (2009) 54–63, wyd. Fundacja PRO CHEMIA, Kraków. ISSN 1425–8994.

2. P.W. Atkins, Chemia Fizyczna PWN, Warszawa 2003.

3. Przeczytaj – Zintegrowana Platforma Edukacyjna (zpe.gov.pl)

4. http://27.109.7.67:1111/econtent/water/hydrogen-bonding.php

Propozycje dodatkowych ciekawych artykułów:

Woda i jej właściwości:

1.https://zpe.gov.pl/a/woda-i-jej-wlasciwosci/DOh98gYK4

2.https://zpe.gov.pl/pdf/P1KJMlnRW

3.Płatek śniegu i wiązania wodorowe – Matura z palladium
https://www.projektpulsar.pl/struktura/2101327,1,dwa-oblicza-wody.read

4.https://www.projektpulsar.pl/struktura/2101327,1,dwa-oblicza-wody.read

5.https://zpe.gov.pl/pdf/Pka12xTLr
Dlaczego lód pływa po wodzie?

6.Wiązania wodorowe w lodzie:
http://27.109.7.67:1111/econtent/water/hydrogen-bonding.php

7.https://chemiamaturalna.com/jak-okreslic-czy-czasteczka-jest-polarna/

Ciekawostki:

1.https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/13526-quiz-wiedzy-z-okazji-swiatowego-dnia-wody.html – GEO-QUIZ O WODZIE – Quiz ogólnej wiedzy o wodzie przygotowany z okazji światowego dnia wody

„Geo-quiz został opracowany w ramach projektu: Współpraca krajowa w zakresie geologii i promocja działań państwowej służby geologicznej w latach 2021 – 2023 i sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej”

2.https://www.eduelo.pl/quizy/poziom-iii/przyroda/przyroda-nieozywiona/woda-i-jej-wlasciwosci/ – testy o wodzie „Woda i jej właściwości”

3.https://www.youtube.com/watch?v=PQWuGFcpHlA
Facts About Water H_2O – Science With Kids

Autorki:
dr hab. Joanna Hetmańczyk
dr hab. Elżbieta Szostak
dr Ewa Odrowąż

Redakcja: dr Małgorzata Krzeczkowska

Wydanie I
Kraków, 2023

Szata graficzna:
Hanna Siata | SiatArt

Grę udostępniono na licencji Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-SA 4.0).

numer ISBN: 978-83-963504-5-9

ISBN 978-83-963504-5-9
9 788396 350459