

CO_2 (dwutlenek węgla) + H_2O (woda) \rightarrow H_2CO_3 .

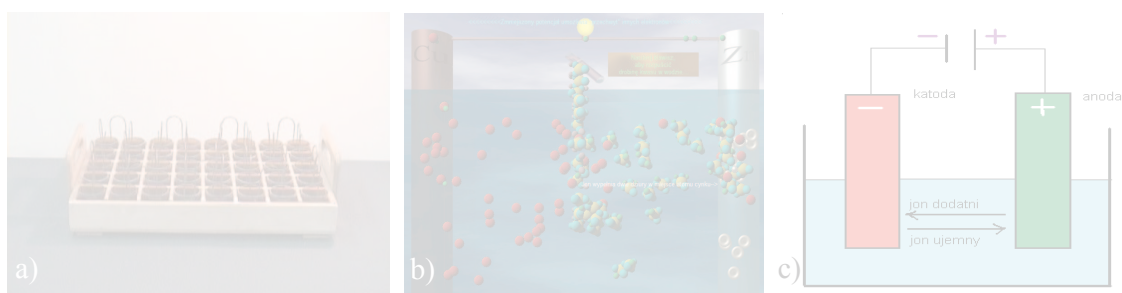
Utworzoną substancję chemicy nazywają *kwasem*. W tym przypadku jest to kwas *węglowy*. Cząsteczki kwasu znajdują się w środowisku wodnym i z tego powodu część z nich rozpada się na jony:



Nawet woda, w fazie ciekłej występuje w postaci jonów, choć jedynie niewielka część z cząsteczek H_2O rozpada się na jony (mniej więcej jedna na milion w „zwykłej” wodzie):



Dzięki obecności jonów H^+ , pochodzących z rozpadu kwasu węglowego, woda mineralna posiada „kwaskowaty” smak. Jony H^+ są również w occie i innych substancjach zwanych *kwasami*. Wróćcie do tematyki kwasów na lekcjach chemii. My zajmijmy się ponownie stanami skupienia. Czy wszystkie z nich dają się łatwo sklasyfikować na ciała stałe, ciecze i gazy. We współczesnej fizyce – nie!



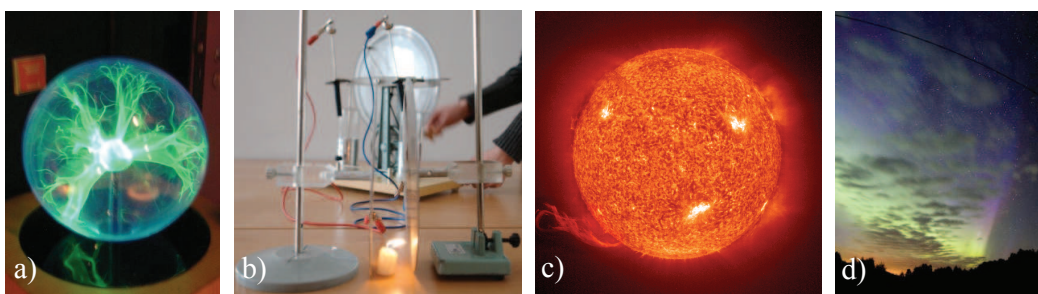
Fot. 1.14. a) Rekonstrukcja ogniwa Volty (UMK); b) działanie ogniwa Volty – siarczan cynku w roztworze wodnym rozpada się na naładowane elektrycznie jony. Te dostarczają ładunek elektryczny do dwóch końców (biegunów) baterii; c) w procesie elektrolizy wody prąd elektryczny z zewnętrznego źródła powoduje przepływ jonów H^+ i O^- w przeciwnych kierunkach, jon H^+ (O^-) pobiera (oddaje) elektron i łącząc się z drugim atomem zamienia się w gaz

1.10. Inne stany skupienia

Okazuje się, że podział materii na trzy stany skupienia jest uproszczony. Nawet starożytni Grecy wyróżniali cztery „elementy pierwotne” – ziemię, wodę, powietrze i ogień. Czym różni się płomień świecy od zwykłego gazu, oprócz tego, że jest znacznie gorętszy? Otóż przez płomień świecy może przepływać prąd elektryczny, nie wiele gorzej niż przez miedziany kabel. Powodem jest obecność, obok cząsteczek neutralnego gazu, pewnej ilości *jonów* (azotu, tlenu itd.), obdarzonych ładunkiem elektrycznym (zazwyczaj dodatnim) oraz swobodnych elektronów. Prąd elektryczny jest przenoszony przez te jony (i elektrony).

Plazma

Gaz, w którym obok cząsteczek elektrycznie obojętnych występują jony nazywamy *plazmą*. Plazma świeci na przykład w tzw. lampie neonowej – białej, podłużnej rurze nad twoją głową w klasie lub w tzw. żarówce energooszczędnej. Plazma, pod nieco większym ciśnieniem jest też w popularnej kuli plazmowej, zob. fot.1.15. Z plazmy, o ogromnej temperaturze i pod ogromnym ciśnieniem składa się też nasze Słońce. Podobne warunki temperatury i ciśnienia starają się wytworzyć naukowcy w urządzeniach zwanych *tokamakami*, aby produkować energię w identyczny sposób, jak się to dzieje we wnętrzu Słońca.



Fot. 1.15. a) W kuli „plazmowej” część atomów gazu traci ładunki elektryczne – elektrony i jony umożliwiają przepływ prądu; b) płomień świecy to też przykład gazu *zjonizowanego* czyli plazmy – maszyna elektrostatyczna rozładowuje się natychmiast w obecności płomienia; c) powierzchnia Słońca to też przykład plazmy, ale o wysokiej (5500°C) temperaturze; d) zorza polarna to przykład zimnej i bardzo rozrzedzonej plazmy. Przyczyną jej świecenia są zderzenia elektronów z cząsteczkami tlenu azotu NO

Ciekłe kryształy

Jak już powiedzieliśmy, ciecze nie mają określonego kształtu. Ale czasem ciekłe cząsteczki takie kształty przyjmują, np. w wyświetlaczach kalkulatorów lub telefonów komórkowych. Okazuje się, że pod wpływem napięcia elektrycznego, nawet niewielkiego, jak w bateryjce, długie łańcuchy cząsteczek ustawiają się w określonym kierunku i tworzą np. kształty liter.

Czasem twierdzi się, że szkło, takie jak szkło okienne, też jest cieczą. Jest to o tyle uzasadnione, że szkło, podobnie jak np. plastelina, pod wpływem własnego ciężaru może się zdeformować. Szklane płytki w witrażach ze średniowiecznych katedr we Francji są nieco grubsze na dole niż u góry. Otóż, przez wieki, szkło nieco „spłynęło” w dół. W odróżnieniu od kwarcu, w szkłe cząsteczki SiO_2 ułożone są chaotycznie, stąd szkło łatwiej formować, odlewać, barwić niż czysty kwarc. Weneccy artyści szklarze, na wyspie Murano, potrafią wytworzyć ze szkła prawdziwe arcydzieła.

Inne materiały są jeszcze bardziej zadziwiające. Kolorowa „guma”, nazywana po angielsku „głupim kitem” (silly putty) raz jest plastyczna, jak guma do żucia, ale jeśli ulepimy z niej piłkę, to odbije się ona od podłogi. Co więcej, uderzona młotkiem, rozprysnie się jak szkło. Jest to tzw. *polimer*, ale w odróżnieniu od zwykłego „plastiku”, zawiera nie atomy węgla, ale atomy krzemu. Wynałazł ją przypadkowo naukowiec w zakładach DuPont w USA w 1950 roku, ale do dziś nie wiadomo, do czego ją wykorzystać. Inna jeszcze ciecz, polimer składający się w dziesiątek tysięcy atomów, przelewa się sam ze szklanki do szklanki, jak bardzo gęsty i lepki kisiel, zob. fot. 1.16d.

Metale z pamięcią

Powiedzieliśmy, że ciała stałe, na przykład metale, zachowują swój kształt. Ale są metale, które pozornie same z siebie wyginają się w dziwne formy. Są to tzw. metale z pamięcią kształtu. Najprostszym tego typu metalem jest stop niklu i tytanu w proporcjach 50:50. Drut z takiego metalu może być wyginany we wszystkich kierunkach, ale po podgrzaniu w płomieniu zapalniczki wraca do pierwotnego kształtu. Okazuje się, że atomy w tym *stopie* pamiętają swoje oryginalne ułożenie w stosunku do sąsiadów i mimo przesunięć, w podwyższonej temperaturze wracają do początkowych położenia. Tego rodzaju metale są wykorzystywane do sterowników skrzydeł w niewidzialnych samolotach Stealth.

Współczesne technologie zacierają granice między stanami skupienia. Pozornie taki sam monitor komputerowy może wykorzystywać do rysowania obrazu wiązkę elektronów (w tzw. kineskopie), ciekłe kryształy (LCD), płaskie wyświetlacze plazmowe, a w najnowszych



Fot. 1.16. Nietypowe stany skupienia: a) szkło nie ma struktury krystalicznej, stąd jest czasem klasyfikowane jako ciecz „przechłodzona” (tu witraż średniowieczny z Hotel de Cluny); b) ciekłe kryształy, stosowane w niektórych wyświetlaczach telefonów i monitorach TV; c) „silly putty” – polimer silikonowy, plastyczny, sprężysty lub nawet kruchy, w zależności od szybkości deformacji; d) super lepka, samoprzelewająca się ciecz – raz rozpoczęte przelewanie będzie trwało tak długo, dopóki nie wyczerpie się zapas cieczy w górnej szklance; e) nitiol – stop niklu i tytanu wykazujący pamięć kształtu: zgięty, wyprostuje się w strumieniu ciepłego powietrza z suszarki do włosów

modelach świecące elementy półprzewodnikowe (LED). Tak zwana inżynieria materiałowa jest nauką, która w ogromnej mierze zmienia nasz świat codzienny. Ale wróćmy do fizyki, tej z laboratoriów w Toruniu.

1.11. Kondensat Bosego–Einsteina – piąty stan skupienia

Pisaliśmy, że w gazach atomy są w ciągłym chaotycznym ruchu i pozostają w dużych odległościach od siebie. Atomy są niezmiernie małe (typowe rozmiary to 10^{-10} m) [1] ale składają się na obiekty *makroskopowe*, jak ziarenko piasku, kropla wody, czy balonik z helem. W ciele stałym atomy są uporządkowane i rozmieszczone w odległościach niewiele większych niż ich rozmiary. W gazie atomy są daleko od siebie i ich ruch jest nieuporządkowany. Czy możliwy jest zatem taki stan skupienia, w którym atomy pozostają uporządkowane, ale leżą daleko od siebie? Okazuje się że tak!

W bardzo niskich temperaturach, znacznie niższych niż w kosmosie⁵ atomy mogą być wzajemnie „powiązane” (skorelowane), mimo że znajdują się od siebie w odległościach typowych dla gazu (tj. wielokrotności ich rozmiarów). W Polsce taki stan materii, niby–gazu i niby–kryształu został osiągnięty przez zespół naukowców kierowany przez prof. W. Gawlika z UJ z Krakowa, w laboratorium FAMO usytuowanym w Toruniu [2]. Taki stan materii wynika z zupełnie nowych zjawisk, i został przewidziany w latach dwudziestych XX wieku przez A. Einsteina i hinduskiego uczonego B. Bosego. Nazywamy ten stan kondensatem Bosego–Einsteina, a jego zastosowania są dziś trudne do przewidzenia [3]. Jeden kondensat przenika drugi, jak czarownica, która przechodzi przez ścianę!

Kondensat jest opisywany przez równania fizyki tzw. fizyki kwantowej, tj. fizyki obiektów mikroskopowych takich jak elektrony lub protony, o wymiarach zupełnie niewyobrażalnie małych (10^{-15} m) [4]. W równaniach tych, cząstki materialne opisywane są nie jako punkty, ale jako *fale materii*. Elektron, w odróżnieniu na przykład od piłki tenisowej, może przejść na drugą stronę bariery takiej jak murek dookoła boiska. Nazywamy to zjawisko *efektem tunelowym* [5]. Kondensat Bosego–Einsteina ma rozmiary całkiem duże, 10^{-6} m i więcej, ale jest opisywany przez równania fizyki kwantowej. Już dzisiaj służy np. do pomiarów sił na bardzo małych, atomowych odległościach.

⁵ Za typową temperaturę w „kosmosie” należy uważać temperaturę ekwiwalentną (jako że jest to rozkład widma) mikrofalowego promieniowania tła (2,73 K). Kondensat Bosego–Einsteina, np. składający się z atomów rubidu, ma temperaturę rzędu 100 nK (10^{-7} K)!