

Średnia długość życia ludzi w krajach wysoko rozwiniętych wynosi obecnie ponad 80 lat i wciąż się wydłuża. Według prognoz demografów co drugie dziecko, które w najbliższych latach przyjdzie na świat w USA i Europie, ma szansę dożyć stu lat. W ogromnej mierze przyczynił się do tego rozwój **medycyny** [łac. *medicina*: 'sztuka lekarska']. Rozwinęła się zwłaszcza **diagnostyka** [gr. *diagnōstikós*: 'umiejący rozpoznawać'], czyli dział medycyny zajmujący się rozpoznawaniem chorób na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań, co umożliwia wykrywanie wielu schorzeń już w bardzo wczesnym stadium. Pokonanie groźnych, czasem nawet uznawanych za nieuleczalnych chorób jest możliwe dzięki szybkiej diagnozie oraz zastosowaniu w odpowiednim czasie właściwej terapii.

■ Diagnostyka laboratoryjna

Dzięki **diagnostyce laboratoryjnej** można określić np. skład moczu czy krwi. Uzyskane wyniki stanowią podstawę oceny stanu zdrowia badanej osoby. Rozdzielanie pobranych próbek płynów ustrojowych na składniki jest możliwe dzięki wykorzystaniu technik stosowanych w chemii. Przykładem takiej techniki jest **sedymencja**, za której pomocą przygotowuje się próbkę krwi na potrzeby analizy. Jest to technika rozdzielania mieszanin polegająca na opadaniu (pod wpływem siły ciężkości) cząstek substancji stałej rozproszonej w cieczy. Sedymencję można przyspieszyć przez wirowanie, np. w wirówkach sedymencyjnych (ryc. 2.28.). Ustalenie składu jakościowego oraz ilościowego płynów ustrojowych przeprowadza się najczęściej za pomocą **analizatorów**, czyli zautomatyzowanych urządzeń stosowanych w laboratoriach diagnostycznych.



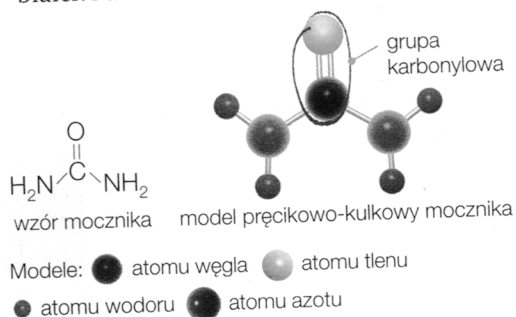
Ryc. 2.28. Probówki umieszczone w wirówce sedymencyjnej po przeciwnych stronach wirnika muszą mieć jednakową masę.

■ Skład moczu

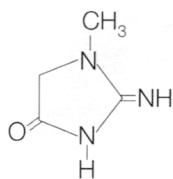
Mocz to wodny roztwór zbędnych produktów przemiany materii (głównie przemiany białek oraz innych związków chemicznych). Wytwarzają go nerki. W ciągu doby człowiek wydała 1–2 dm³ moczu. Zawiera on ok. 96% wody, 1,5% soli mineralnych oraz 2,5% związków organicznych.

Związki organiczne wchodzące w skład moczu to:

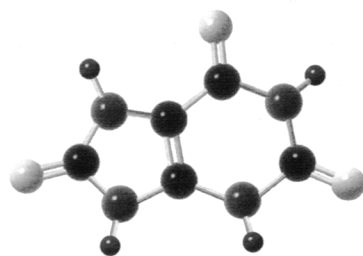
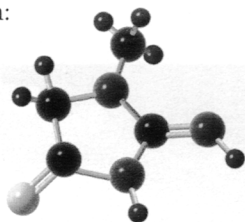
► **mocznik** CO(NH₂)₂ (diaminometanal, karbamid) – końcowy produkt metabolizmu białek i aminokwasów:



- **kreatynina** $C_4H_7N_3O$ (2-imino-1-metyloimidazolidyn-4-on) – związek azotowy powstający w czasie przemian metabolicznych w mięśniach:



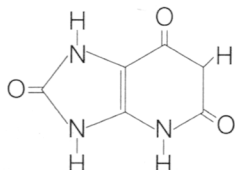
wzór kreatyniny model pręcikowo-kulkowy kreatyniny



model pręcikowo-kulkowy kwasu moczowego

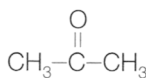
W wyjątkowych wypadkach (np. podczas choroby) mocz może zawierać m.in.:

- **kwas moczowy** $C_5H_4O_3N_4$ (2,6,8-trioksy-puryna) – końcowy produkt metabolizmu kwasów nukleinowych:

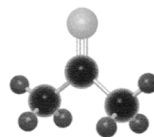


wzór kwasu moczowego

- **aceton** C_3H_6O (propanon) oraz inne ketony, w analizie moczu nazywane **ciałami ketonowymi**, w niewielkich ilościach wytwarzane w organizmie w wyniku przemian tłuszczów:



wzór acetonu



model pręcikowo-kulkowy acetonu

Analiza chemiczna

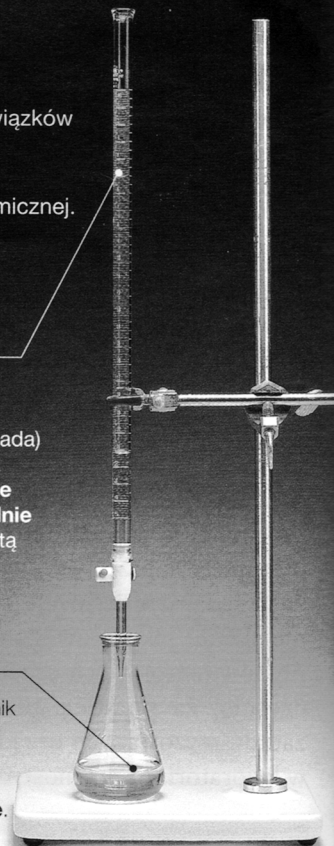
Określanie składu chemicznego substancji na podstawie wyników przeprowadzonych reakcji chemicznych zajmuje się **analiza chemiczna**. Wykrywanie i identyfikacja składników badanej próbki (atomów, jonów, związków chemicznych) to **analiza jakościowa**, ustalanie ilościowego składu lub oznaczanie ilości niektórych składników mieszaniny – **analiza ilościowa**. Diagnostyka laboratoryjna w dużym stopniu korzysta z metod analizy chemicznej.

Analiza ilościowa

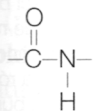
Jedną z metod analizy ilościowej jest **miareczkowanie**. Wykorzystuje się je m.in. do oznaczania stężenia roztworów kwasów i zasad. W tej metodzie badane roztwory **miareczkuje się**, czyli dodaje się do nich kroplami odczynnik o znanym stężeniu, a przebieg reakcji chemicznej (w tym wypadku reakcji zobojętniania) kontroluje za pomocą zmiany barwy wskaźników. Znajomość objętości i stężenia stosowanego odczynnika miareczkującego pozwala bardzo dokładnie obliczyć, jaka ilość substancji oznaczanej znajduje się w próbce.

W biurecie znajduje się roztwór: kwasu (jeśli substancją badaną jest zasada) lub zasady (jeśli substancją badaną jest kwas). **Stężenie tego roztworu jest dokładnie określone**. Jego ilość zużyta do zobojętnienia substancji badanej odczytuje się z podziałek na biurecie.

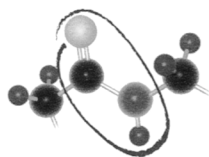
W kolbie znajduje się wskaźnik odczynu oraz **roztwór substancji badanej**: zasady lub kwasu. **Stężenie tego roztworu nie jest znane**.



► **białka** – związki wielkocząsteczkowe zbudowane z reszt aminokwasowych, połączonych wiązaniem peptydowym:



wzór wiązania peptydowego

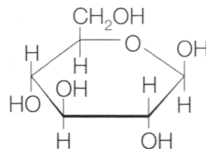


model pręcikowo-kulkowy wiązania peptydowego



model struktury białka

► **glukozę** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – monosacharyd dostarczający organizmowi energii niezbędnej do przeprowadzania wszystkich procesów życiowych:



wzór glukozy



model pręcikowo-kulkowy glukozy

Modele: ● atomu węgla ● atomu tlenu
● atomu wodoru ● atomu azotu

Analiza jakościowa

Strącanie trudno rozpuszczalnych soli stosuje się do wykrywania obecności danego kationu lub anionu w roztworze. Niektóre sole, np. siarczki metali, tworzą barwne osady, co ułatwia analizę jakościową.

Wykrywany kation	Stosowany odczynnik	Równanie reakcji chemicznej	Nazwa i barwa uzyskanego związku chemicznego
Ag^+	HCl	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}\downarrow$	chlorek srebra(I), biały osad, który pod wpływem światła ciemnieje
Cu^{2+}	Na_2S	$\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{CuS}\downarrow$	siarczek miedzi(II), czarny osad
Fe^{3+}	NH_4SCN	$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3\downarrow$	tiocyjanian żelaza(III), krwistoczerwony osad
Fe^{2+}	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$3 \text{Fe}^{2+} + 2 [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \longrightarrow \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2\downarrow$	heksacyjanianożelazian(III) żelaza(II), niebieski osad

Wykrywany anion	Stosowany odczynnik	Równanie reakcji chemicznej	Nazwa i barwa uzyskanego związku chemicznego
Br^-	AgNO_3	$\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \longrightarrow \text{AgBr}\downarrow$	bromek srebra(I), żółty osad
S^{2-}	AgNO_3	$2 \text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow$	siarczek srebra(I), czarny osad

Analiza wyników badania moczu

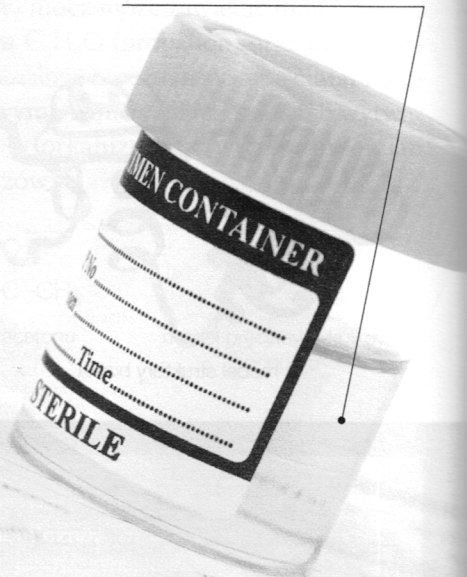
Skład jakościowy i ilościowy moczu świadczy o ogólnym stanie zdrowia pacjenta. Wykrycie w badanej próbce substancji niepożądanych lub odstępstwa od prawidłowej wartości danego parametru (zmiana w stosunku do tzw. **normy**), może świadczyć o chorobie.

! Jedynie lekarz może prawidłowo zinterpretować wyniki badań. Uwzględni on przy tym m.in. wiek badanej osoby, jej płeć oraz tryb życia.

Mocz powinien być przejrzysty i mieć żółtą barwę, pochodzącą od zawartych w nim **barwników: urochromu i urobilinogenu**. Spożywanie zbyt małej ilości płynów powoduje zagęszczenie moczu i zmianę jego barwy na ciemnożółtą. Na barwę moczu wpływa również dieta, np. po zjedzeniu buraków mocz barwi się na różowo, a po spożyciu leków na zapalenie układu wydalniczego – na niebiesko.

Badanie ogólne moczu

Badanie	Wynik	Norma
Barwa	żółta	
Przejrzystość	przejrzysty	przejrzysty
pH	6,0	5.0–8.0
Ciężar właściwy	1025,0 g/l	1010–1030
Białko	ujemny	ujemny
Glukoza	ujemny	ujemny
Ciała ketonowe	ujemny	ujemny
Azotyny	ujemny	ujemny
Urobilinogen	w normie	ujemny
Bilirubina	ujemny	w normie
Erytrocyty	ujemny	ujemny
Leukocyty	ujemny	ujemny
Nabłonki	pojedyncze	ujemny

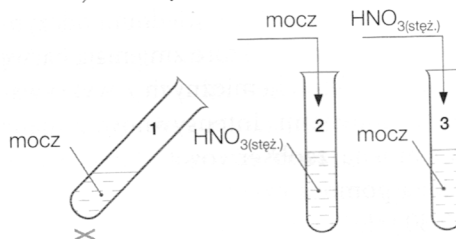


- ▶ **pH** – odczyn moczu. Zmiana rodzaju odczynu może być wynikiem stosowanej diety lub oznaką choroby (odczyn zasadowy towarzyszy niektórym typom kamicy nerkowej).
- ▶ **Ciężar właściwy** parametr zależny od stopnia nawodnienia organizmu. Zbyt niskie wartości mogą występować m.in. przy przewlekłej niewydolności nerek, a zbyt wysokie – podczas zakażeń układu wydalniczego.
- ▶ **Białko** – składnik budulcowy i regulacyjny każdego organizmu, odzyskiwany w nerkach i wchłaniany zwrótnie do krwiobiegu. Jego obecność w moczu (białkomocz) może świadczyć np. o infekcji nerek lub cukrzycy.
- ▶ **Glukoza** – składnik odżywczy kierowany przez nerki do krwiobiegu. Jego obecność w moczu (**cukromocz**) może wskazywać na cukrzycę.
- ▶ **Ciała ketonowe** (ketony) – związki chemiczne, które powstają, gdy organizm metabolizuje tłuszcze zamiast sacharydów. Ich obecność w moczu (**ketonuria**) może świadczyć m.in. o stosowaniu diety o zmniejszonej ilości sacharydów, cukrzycy, anoreksji lub bulimii.
- ▶ **Azotyny** (azotany(III) NO_2^-) – powstają w wyniku przekształcenia azotanów(V) przez bakterie, najczęściej *Escherichia coli*. Ich obecność w moczu świadczy o bakteryjnym zakażeniu układu wydalniczego (**bakteriomocz**).
- ▶ **Urobilinogen** – żółty barwnik moczu. Jego podwyższony poziom może wskazywać na stan zapalny wątroby.
- ▶ **Bilirubina** – produkt rozpadu barwnika krwi (hemoglobiny). Jej obecność w moczu może świadczyć o stanach zapalnych wątroby.
- ▶ **Erytrocyty** – krwinki czerwone. Liczba erytrocytów wydalanych z moczem nie powinna przekraczać 3 mln na dobę, co odpowiada obecności 0–3 krwinek w preparacie.
- ▶ **Leukocyty** – krwinki białe. Liczba leukocytów wydalanych z moczem nie powinna przekraczać 4 mln na dobę, co odpowiada obecności 1–5 krwinek w preparacie.
- ▶ **Nabłonki** – komórki nabłonka płaskiego złuszczone z nerek i dróg moczowych.

■ Wykrywanie białek, bilirubiny i glukozy w moczu

Najprostszą metodą wykrycia **białek** w moczu (ryc. 2.29.) jest **podgrzanie** badanej próbki. Podwyższona temperatura powoduje denaturację białek, które strącają się w postaci białego, kłaczkowatego osadu. Białko w próbce moczu można również wykryć za pomocą stężonego roztworu kwasu azotowego(V) HNO_3 . Na granicy roztworów kwasu i moczu powstaje wówczas jasnożółty pierścień zdenaturowanego białka. Jest to tzw. **próbą Hellera**. Jeśli barwa pierścienia będzie

zielona, to znaczy, że badana próbka zawierała **bilirubinę** (zielone zabarwienie pochodzi od produktów utleniania tego barwnika). Metoda ta jest nazywana **próbą Gmelina**.



Ryc. 2.29. Schematy wykrywania białek (1, 2) i bilirubiny (3) w moczu.

Doświadczenie 12.

Wykrywanie glukozy w moczu

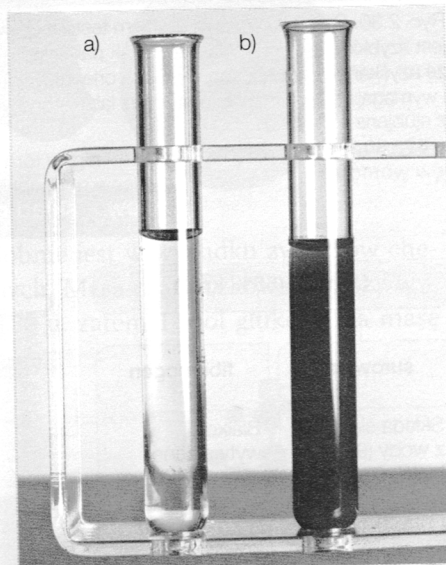
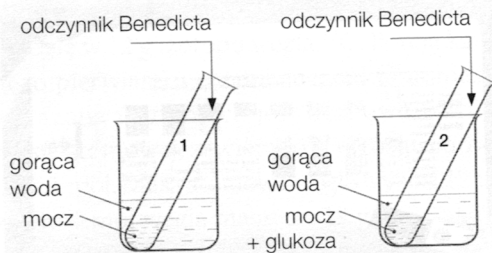
Odczynniki: próbka moczu, glukoza, odczynnik Benedicta (mieszanina siarczanu(VI) miedzi(II) CuSO_4 , węglanu sodu Na_2CO_3 i cytrynianu sodu $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$), gorąca woda.

Wyposażenie laboratoryjne: 2 probówki, 2 zlewki o pojemności 100 cm^3 , łyżka do odczynników, bagietka.

Instrukcja: Do obu probówek nalej mocz, po czym do probówki 2. dodaj niewielką ilość glukozy. Zawartość wymieszaj bagietką. Następnie do obu probówek dodaj kilka kropeł odczynnika Benedicta i wstaw je do zlewek z gorącą wodą (schemat). Co obserwujesz?

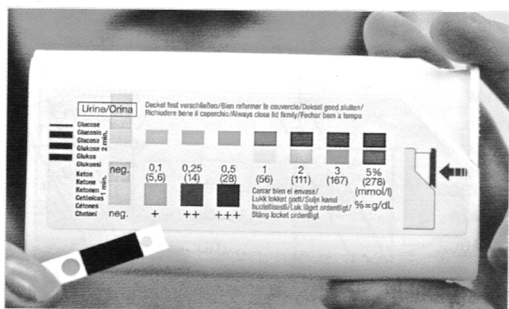
Obserwacje: Roztwór w probówce 1. nie zmienia barwy, a w probówce 2. – zabarwia się na pomarańczowo.

Wniosek: Charakterystyczna barwa w probówce 2. powstała w wyniku reakcji jonów miedzi(II) Cu^{2+} znajdujących się w odczynniku Benedicta z glukozą zawartą w moczu. Po ogrzaniu próbki jony miedzi(II) Cu^{2+} redukują się do jonów miedzi(I) Cu^+ . W zależności od stężenia glukozy osad może mieć barwę od zielonej do pomarańczowej. Tę reakcję chemiczną, nazywaną **próbą Benedicta**, można zastosować do wykrywania **glukozy**.



Odczynnik Benedicta ma barwę niebieską (a), a w roztworze zawierającym duże stężenie glukozy – pomarańczową (b), pochodzącą od nierozpuszczalnego osadu tlenku miedzi(I) Cu_2O .

Wykrycie w moczu wymienionych substancji niepożądanych oraz m.in. ketonów i azotanów(III) jest możliwe także dzięki zastosowaniu tzw. **testów paskowych**. Są to paski bibuły nasączone odpowiednimi odczynnikami chemicznymi, które zmieniają barwę w wyniku reakcji chemicznych z wykrywanymi substancjami. Intensywność zmiany barwy można zaobserwować lub uzyskać wynik za pomocą czytnika. Testy paskowe (ryc. 2.30.) służą również do wyznaczania pH i ciężaru właściwego moczu, a także do wykrywania w moczu metabolitów substancji psychoaktywnych. Obecność w moczu takich substancji świadczy o zażywaniu narkotyków (amfetaminy, kokainy, morfiny).



Ryc. 2.30. Badanie moczu z użyciem testów paskowych jest szybkie i wygodne. Należy jednak pamiętać, że uzyskane w ten sposób wyniki są orientacyjne i wymagają potwierdzenia metodami laboratoryjnymi.

■ Skład krwi

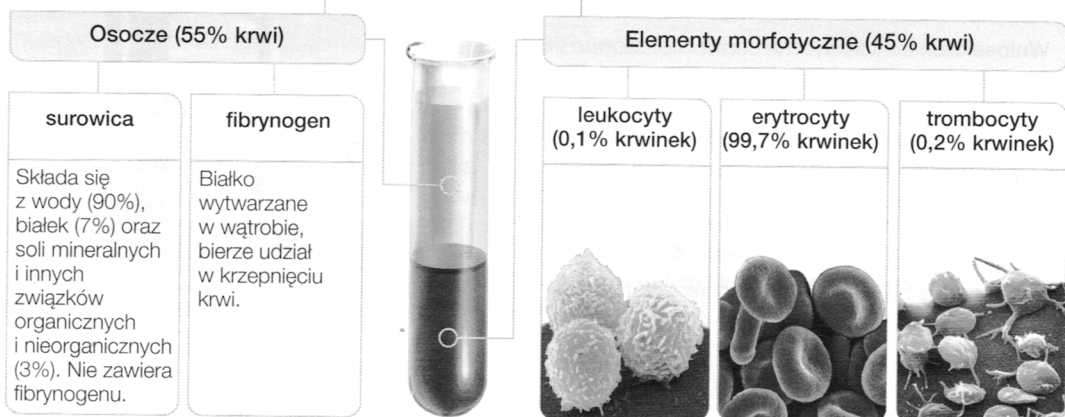
Krew jest szczególnym rodzajem tkanki łącznej, bowiem stanowi jednocześnie płyn ustrojowy. W organizmie pełni następujące funkcje:

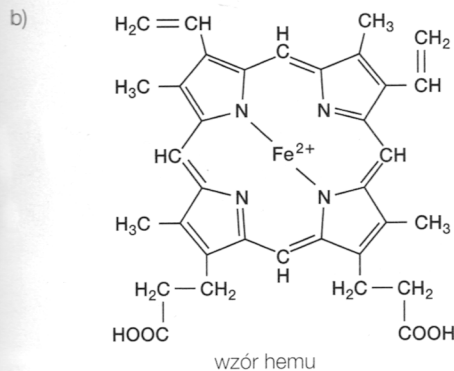
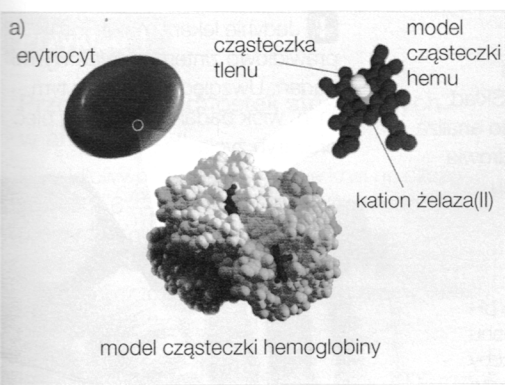
- ▶ transportuje substancje odżywcze (glukozę $C_6H_{12}O_6$), oddechowe (tlen O_2), regulujące (hormony) oraz szkodliwe produkty metabolizmu (m.in. tlenek węgla(IV) CO_2),
- ▶ utrzymuje stałe wartości temperatury ciała, ciśnienia osmotycznego oraz pH,
- ▶ uczestniczy w reakcjach obronnych organizmu (dzięki krwinkom białym oraz przeciwciałom).

Pod względem morfologicznym krew składa się z krwinek białych – leukocytów – oraz krwinek czerwonych – erytrocytów, a także z płytek krwi, czyli trombocytów, i substancji międzykomórkowej – osocza.

Erytrocyty zawierają czerwony barwnik oddechowy – **hemoglobinę**. Częsteczka hemoglobiny (ryc. 2.31.) jest zbudowana z czterech łańcuchów białkowych, z których każdy zawiera jedną cząsteczkę **hemu**. W centrum tej cząsteczki znajduje się kation żelaza(II) Fe^{2+} . Umożliwia on wiązanie cząsteczek tlenu, dzięki czemu krwinki mogą go transportować do komórek.

Krew – skład morfologiczny





Ryc. 2.31. Schemat budowy hemoglobiny (a) i wzór hemu (b).

Skład chemiczny krwi jest o wiele bardziej złożony niż jej skład morfologiczny. Do tej pory udało się zidentyfikować ponad 4000 różnych związków chemicznych znajdujących się w tym płynie ustrojowym. Znajdują się wśród nich m.in.:

- ▶ **związki organiczne zawierające azot**, takie jak hemoglobina, białka, metabolity pośrednie i końcowe (aminokwasy, mocznik $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, amoniak NH_3),
- ▶ **związki organiczne niezawierające azotu**, jak np. glukoza i jej metabolity (pirogroniany i mleczany), lipidy (cholesterol, triglicerydy), barwniki żółciowe (bilirubina),
- ▶ **związki nieorganiczne** – zawierające kationy: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} oraz aniony: Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} .

Podczas analizy składu krwi ocenie podlega ok. 20 substancji chemicznych wchodzących w jej skład.

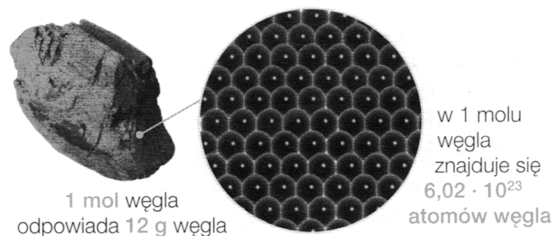
■ Oznaczanie stężenia glukozy we krwi

Każdy narząd potrzebuje glukozy, aby poprawnie funkcjonować (np. mózg zużywa jej ok. 120 g w ciągu doby do podtrzymania podstawowego metabolizmu). Dlatego bardzo ważne jest odpowiednie stężenie tego monosacharydu we krwi. Jest ono nazywane **poziomem glukozy we krwi** lub **glikemią**.

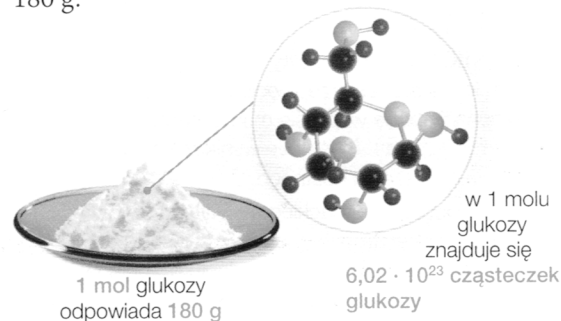
Glikemia jest wyrażana w następujących jednostkach:

- ▶ **mg/dl** (miligram na decylitr),
- ▶ **mmol/l** (milimol na liter).

Mol jest jednostką liczności materii (innym przykładem jednostki liczności materii jest tuzin, czyli 12 sztuk). Mol substancji zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ atomów lub cząsteczek, lub jonów danej substancji. To jest tyle, ile znajduje się w 12 g izotopu węgla ^{12}C . Porcja każdego pierwiastka chemicznego, której masa wyrażona w gramach jest liczbowo równa masie atomowej, zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ atomów, czyli 1 mol. Masa atomowa węgla wynosi 12 u, zatem 1 mol węgla ma masę 12 g.



Podobnie jest w wypadku związków chemicznych. Masa cząsteczkowa glukozy wynosi 180 u, zatem 1 mol glukozy ma masę 180 g.



Analiza wyników badania krwi

Kompleksowa **analiza krwi** obejmuje zarówno **składniki morfologiczne**, jak i najważniejsze **związki chemiczne**. Skład krwi świadczy o stanie poszczególnych narządów. Dlatego analiza ilościowa krwi jest źródłem informacji o ogólnym stanie zdrowia organizmu. Dzięki rutynowym badaniom składu tego płynu ustrojowego można wykryć takie choroby, jak cukrzyca, niewydolność nerek, anemia czy choroby tarczycy.

Analiza krwi niekiedy obejmuje także badanie pH (norma: 7,35–7,45), ciśnienia cząstkowego tlenu (pO_2) i tlenu węgla(IV) (pCO_2). W razie potrzeby oznacza się również obecność czynników chorobotwórczych, np. wirusów (HIV), bakterii (krętką bladego) i pierwotniaków (*Toxoplasma*).

Morfologia

Badanie	Wynik	Jedn.	Min	Max
Leukocyty	6,29	tys./ μ l	4,2	11
Erytrocyty	4,63	mln/ μ l	3,7	5,1
Hemoglobina	13,4	g/dl	12	16
Hematokryt	40,1	%	37	47
Płytki krwi	287	tys./ μ l	130	400
OB	8	mm/h	6	16

► **Leukocyty** – krwinki odpowiadające za odporność organizmu. Stężenie zwiększone ponad normę występuje m.in. przy zakażeniach drobnoustrojami, stanach zapalnych oraz chorobach nowotworowych.

► **Erytrocyty** – krwinki transportujące tlen do komórek organizmu.

► **Hemoglobina** – czerwony barwnik znajdujący się w erytrocytach, który łączy się z tlenem.

► **Hematokryt** – wyraża stosunek objętości erytrocytów do objętości całej krwi.

► Zwiększenie ponad normę wartości tych trzech wskaźników występuje m.in. przy nadkrwistości (**policytēmii**), a zmniejszenie – przy niedokrwistości (**anemii**).

► **Płytki krwi** (trombocyty) – krwinki odpowiadające m.in. za proces krzepnięcia krwi. Liczba zwiększona ponad normę wiąże się m.in. z nadkrwistością, zmniejszona – może być wynikiem nieprawidłowego działania szpiku kostnego.

► **OB** (odczyn Biernackiego) – wyraża szybkość opadania erytrocytów w krwi umieszczonej w kalibrowanej rurce po dodaniu czynników hamujących jej krzepnięcie. Zwiększony ponad normę odczyn towarzyszy m.in. stanom zapalnym.

! Jedynie lekarz może prawidłowo zinterpretować wyniki badań. Uwzględnia on przy tym m.in. wiek badanej osoby, jej płeć oraz tryb życia.

Badanie biochemiczne krwi (elektrolity oraz profil lipidowy)

Test	Wynik	Jedn.	Min	Max
Sód	142	mmol/l	136	146
Potas	3,8	mmol/l	3,5	5,1

Test	Wynik	Jedn.	Min	Max
Glukoza	102	mg/dl	65	110
Kreatynina	0,68	mg/dl	0,60	1,20
Cholesterol	169	μ g/dl	140	200
HDL	61	mg/dl	35	80
LDL	82	mg/dl	135	155
Triglicerydy	130	mg/dl	40	150

► **Kreatynina i mocznik** – produkty metabolizmu usuwane przez nerki. Stężenie zwiększone ponad normę obserwuje się m.in. przy stanach zapalnych nerek.

► **Cholesterol** (HDL, czyli tzw. dobry cholesterol i LDL, czyli tzw. zły cholesterol) – związek organiczny syntetyzowany w organizmie oraz dostarczany w pożywieniu. Zwiększony poziom cholesterolu może świadczyć o wysokiej zawartości tłuszczów nasyconych w spożywanych pokarmach, zaś zmniejszony pojawia się m.in. przy niedoczynności tarczycy.

► **Triglicerydy** – tłuszcze, których zwiększone stężenie we krwi informuje o ryzyku wystąpienia zmian miażdżycowych.



Przykład 1.

Przeliczanie jednostek stosowanych w analizie krwi

Prawidłowy poziom glukozy we krwi na czczo wynosi $5,6 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$. Oblicz, ilu gramom odpowiada $5,6 \text{ mmola}$ glukozy.

Aby przeliczyć podaną wartość na gramy, należy zastosować następującą proporcję:

$$\begin{array}{r} 180 \text{ g} - 1000 \text{ mmol (ponieważ } 1 \text{ mol} = 1000 \text{ mmol)} \\ x - 5,6 \text{ mmol} \end{array}$$

$$x = \frac{180 \cdot 5,6}{1000} \quad \left[\frac{\text{g} \cdot \text{mmol}}{\text{mmol}} = \text{g} \right]$$

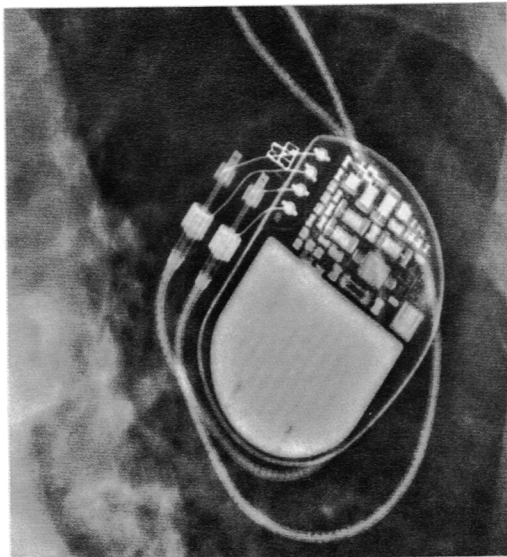
$$x = 1,008 \text{ g}$$

Odpowiedź: $5,6 \frac{\text{mmol}}{\text{l}}$ glukozy to $1,008 \text{ g}$ tego związku chemicznego.

■ Właściwości i przykłady biomateriałów

W wyniku przebytych chorób lub nieszczęśliwych wypadków narządy mogą ulec uszkodzeniu. Dzięki postępom medycyny niektóre narządy można zastąpić **implantami**, czyli elementami pełniącymi ich funkcje (ryc. 2.32.). Jednak przed naukowcami projektującymi materiały do wytwarzania implantów stoi niełatwe zadanie. Ludzki organizm jest dla nich bowiem środowiskiem wyjątkowo agresywnym chemicznie. Ciało człowieka w znacznej części jest wypełnione roztworem elektrolitu (wodą z rozpuszczonymi w niej jonami), który wywołuje korozję elektrochemiczną. Krew zawiera dużo tlenu, co z kolei sprzyja korozji chemicznej. Ponadto w organizmie znajduje się wiele enzymów, które również mogą wpływać niekorzystnie na umieszczone wewnątrz ciała obce elementy.

Materiały przeznaczone do wyrobu elementów na stałe lub czasowo zastępujących chore tkanki i narządy (albo ich części) są nazywane **biomateriałami** lub **materiałami biomedycznymi**. Biomateriały muszą:

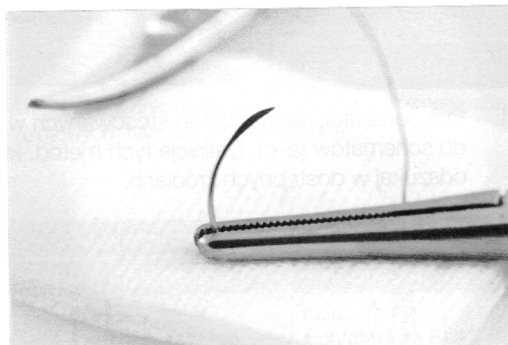


Ryc. 2.32. Rozrusznik serca (kardiostymulator) to implant, którego zadaniem jest wytwarzanie bodźców elektrycznych pobudzających mięsień sercowy. Źródłem jego zasilania są baterie litowe i jodowolitowe, a materiałem izolacyjnym – silikon lub poliuretan.

- ▶ **mieć odpowiednie właściwości** (np. implant kości nie może być ani słabszy, ani mocniejszy od prawdziwej kości),
- ▶ **być odporne chemicznie**, a jednocześnie **biokompatybilne**, tzn. nie mogą wywoływać reakcji obronnej organizmu.

Poza tym biomateriały, w zależności od funkcji, jaką mają pełnić, **mogą:**

- ▶ scalać się lub nie scalać się z tkankami,
- ▶ rozkładać się albo nie rozkładać się w organizmie (ryc. 2.33.).



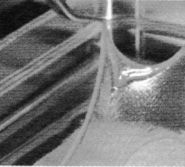



Ryc. 2.33. Biodegradowalne nici chirurgiczne powstają m.in. z polilaktynu PLA, czyli polimeru kwasu mlekowego.

Implanty stosowane jako uzupełnienia czy też zamienniki kości lub zębów są wykonywane z materiałów o dużej twardości i odporności mechanicznej. Inne wymagania stawia się materiałom do produkcji implantów wszczepianych do tkanek miękkich lub

będących ich zamiennikami – muszą być one m.in. elastyczne. Wybór materiału, z którego powstanie implant, zależy przede wszystkim od miejsca, w które ma on zostać wszczepiony, oraz funkcji, jakie ma pełnić (tab. 2.2.).

Tab. 2.2. Zastosowania wybranych materiałów

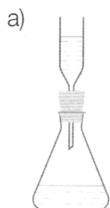
Rodzaj biomateriału	Ceramika i szkło	Metale i ich stopy	Polimery	
			naturalne	syntetyczne
Przykłady	<ul style="list-style-type: none"> ceramika korundowa (zawierająca tlenek glinu Al_2O_3) materiały hydroksyapatytowe (zawierające fosforan(V) wapnia $Ca_3(PO_4)_2$) 	<ul style="list-style-type: none"> stal nierdzewna stopy chromowokobaltowe tytan złoto nitinol (stop niklu i tytanu) 	<ul style="list-style-type: none"> kolagen fibryna chityna 	<ul style="list-style-type: none"> silikony poliuretany poli(metakrylan metylu) poliwinylpirolidon
Zastosowania	<ul style="list-style-type: none"> endoprotezy kości powlekanie implantów metalowych 	<ul style="list-style-type: none"> implanty czasowe, np. wkręty do nastawiania kości implanty trwałe, np. sztuczne zastawki serca, elementy kardiostymulatorów sztuczne zęby 	<ul style="list-style-type: none"> uszczelnianie i zespalandie implantów z ciałem 	<ul style="list-style-type: none"> implanty piersi elementy sztucznego serca protezy stomatologiczne środek krwiozastępczy
				
	endoprotezy stawów	aparaty ortodontyczne	skóra zastępcza	soczewki kontaktowe

Podsumowanie

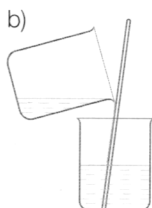
- Analiza jakościowa oraz ilościowa krwi i moczu może być podstawą diagnozowania chorób.
- Biomateriały, czyli nowoczesne materiały do produkcji implantów (m.in. ceramika i szkło, metale i ich stopy oraz polimery), są odporne chemicznie i biokompatybilne.

Pytania i zadania

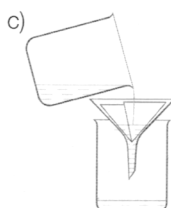
- Przyporządkuj nazwy metod stosowanych w diagnostyce laboratoryjnej do schematów (a–c). Definicje tych metod, które nie występują w podręczniku, odszukaj w dostępnych źródłach.



A. sedymentacja



B. dekantacja



C. filtracja

D. miareczkowanie