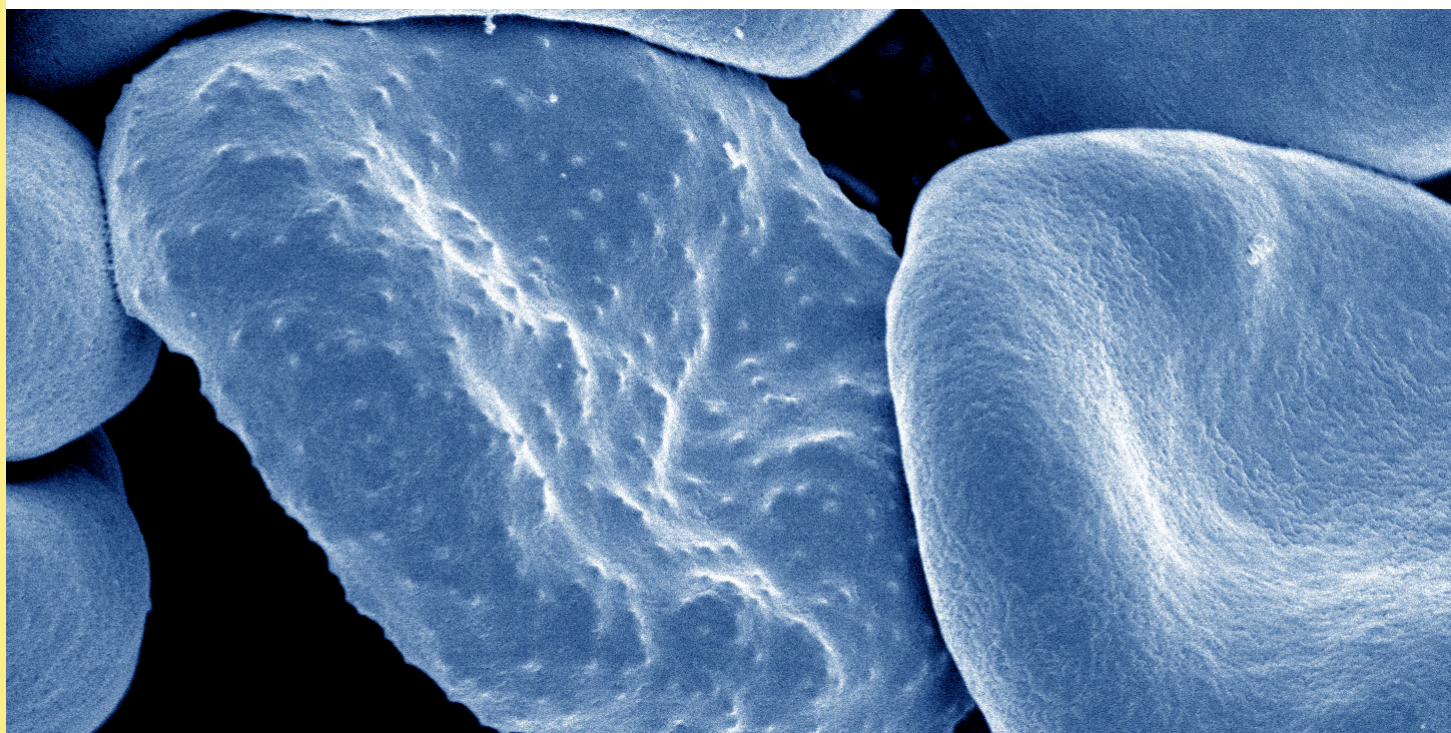


CAMPBELL
BİOLOGİYA

URRY • CAIN • WASSERMAN
MINORSKY • REECE

CANLI TƏBİƏTİN KİMYASI BÖLÜMÜ

§ 1-5

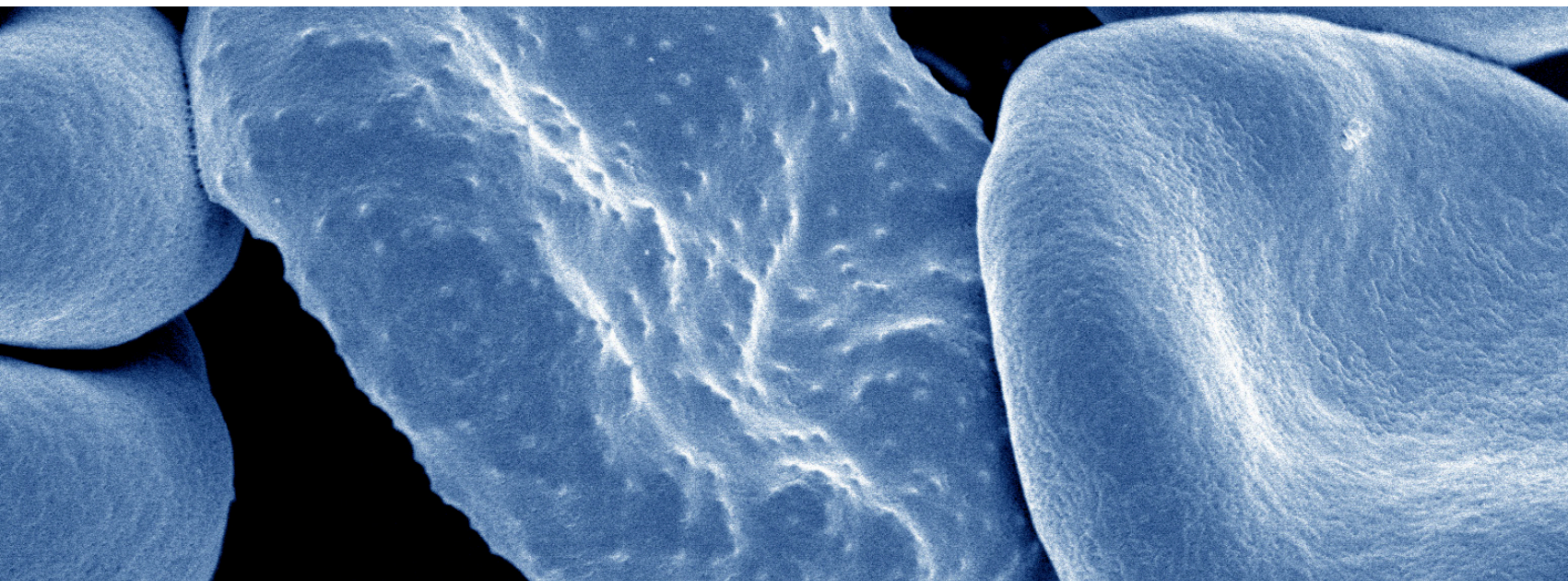


HABİTAT TƏRCÜMƏ LAYİHƏSİ
ZEYNİYEV • ALIŞBƏYLİ

CAMPBELL BİOLOGİYA

CANLI TƏBİƏTİN KİMYASI BÖLÜMÜ

§ 1-5



HABİTAT TƏRCÜMƏ LAYİHƏSİ

ZEYNİYEV • ALIŞBƏYLİ

Lisa A. Urry

MILLS KOLLECI, OAKLAND,
KALİFORNİYA

Michael L. Cain

BOWDOIN KOLLECI, BRUNSVİK,
MEYN

Steven A. Wasserman

KALİFORNİYA UNİVERSİTETİ,
SAN DİEQO

Peter V. Minorsky

MERCY KOLLECI, DOBBS FERİ,
NYU YORK

Jane B. Reece

BERKELEY, KALİFORNİYA

İngilis dilində orijinal versiya

Campbell biology / Lisa Urry, Michael Cain, Steven Wasserman, Peter Minorsky, Jane Reece.
Eleventh edition. | Hoboken : Pearson Higher Education, 2016. | 1st edition: Biology by Neil A. Campbell, 1987.
ISBN 978-0-134-09341-3 (Student Edition)
ISBN 978-0-134-15412-1 (Books a la Carte Edition)

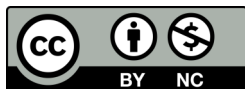
Courseware Portfolio Menecment Direktoru: *Beth Wilbur*
Courseware Portfolio Menecment Mütəxəssisi: *Josh Frost*
Courseware Direktoru, Məzmunun İnkişafı: *Ginnie Simone Jutson*
Baş Redaktorlar: *Beth N. Winickoff, Pat Burner*
Courseware Aparıcı Analistləri: *John Burner, Mary Ann Murray, Hilair Chism*
Courseware Mütəxəssisi: *Laura Southworth*
İnkişaf Redaktoru: *Mary Hill*
Məzmun İstehsalı və Rəqəmsal Studio Direktoru: *Erin Gregg*
İdarəçi Prodüseri, Elmi: *Michael Early*
Məzmun Prodüseri, Elmi: *Lori Newman*
İstehsal Menecmenti və Kompozisiya: *Integra Software Services, Inc.*
İllüstrasiyalar: *Lachina*
Dizayn Meneceri: *Marilyn Perry*
Üz Qapağı və Mətn Dizaynı: *Elise Lansdon*
Haqlar & İcazələr üzrə Menecer: *Ben Ferrini*

Fotoların Tədqiqatçısı: *Maureen Spuhler*
İllüstrasiya/Mətn/Foto İcazələri Mütəxəssisi: *Integra Software Services, Inc.*
Baş Məzmun Tərtibatçısı, MasteringBiology TM: *Sarah Jensen*
Baş Zəngin Mediya Məzmunu Prodüseri: *Lee Ann Doctor*
Zəngin Mediya Məzmunu Prodüseri: *Todd Regan*
Məzmunu Prodüserləri: *Jackie Jakob, Ziki Dekel*
Köməkçi Məzmunu Prodüseri: *Libby Reiser*
Köməkçi Təlimat Dizayneri: *Cady Owens*
Köməkçi Mastering TM Mediya Prodüseri: *Charles Hall*
Layihə Meneceri: *Katie Cook*
Məhsul Marketinqi üzrə Vitse-Prezident: *Christy Lesko*
İcraçı Məhsul Marketinqi Meneceri: *Lauren Harp*
Sahə Marketinq Meneceri: *Kelly Galli*
İstehsal Alıcısı: *Stacey Weinberger*
Mətn və Üz Qabığı Mətbəəsi: *Courier/Kendallville*
Üz Qabığı Şəkli: *Helianthus annuus (günəbaxan)*
Üz Qabığı Şəklinin Müəllifi: © *Radius Images/Getty Images*

Azərbaycan dilindəki versiya (birinci və ikinci bölümlər)

Buraxılış tarixi: *1 May 2021*
İdarəçilər: *Araz Zeyniyev, Ərtoğrul Alishbəyli*
Elmi redaktorlar: *Araz Zeyniyev, Ərtoğrul Alishbəyli, Nigar İsmayilzadə*
Tərcüməçilər: *Araz Zeyniyev, Ərtoğrul Alishbəyli, Cəfər İsharov*
Tərtibatçılar: *Şəbnəm Məhərrəmov*
Ədəbi redaktor və korrektorlar: *Mehman Abdullayev, Firudin Həsənov, Araz Bağirov*
Üz Qabığı Şəkli: İnsanın qırmızı qan hüceyrələrinin elektron mikroskopu. Ortadakı hüceyrə malyariya

xəstəliyinin törədici parazit *Plasmodium falciparum* tərəfindən işğal edildiyi üçün ətrafındakı sağlam hüceyrələrlə müqayisədə çıxıntılı görünür. Parazitin yaratdığı bu çıxıntılar ev hüceyrəsinin məhvi və inflammasiyanın qarşısını alır.
Üz Qabığı Şəklinin Müəllifi: *Rick Fairhurst və Jordan Zuppann, ABŞ Dövlət Allergiya və İnfeksiya Xəstəlikləri İnstitutu, Dövlət Səhiyyə İnstitutu (NIAID, NIH)*
Maddi Dəstək: *Azerbaijani Cultural Society of Northern California (ACSNC), Yurt Center və başqa fərdi donör*
Təşkilatı dəstək: *Elmi Spektr Açıq Elmi Platforması*



Campbell Biologiya kitabının Azərbaycan dilində tərcüməsi Habitat Tərcümə Layihəsi (HTL) tərəfindən **Creative Commons İstinadlı Qeyri-Kommersiya Lisenziyası (CC BY-NC 4.0)** altında dərc olunmuşdur. Lisenziyanın şərtləri bunlardır:

İstinad vermək — Əsər və ya onun tərkib hissələrindən istifadə etmək istəyirsinizsə, müəlliflərin və işin adına düzgün şəkildə istinad verilməlidir, lisenziyaya keçid verilməlidir və dəyişikliklərin edib-edilmədiyini qeyd olunmalıdır. Qeyd müəlliflərin hər hansı bir şəkildə sizin istifadəyinizi dəstəklədiyini təlqin etməməlidir.

Qeyri-kommersiya — Dərc olunan materialdan kommersiya məqsədilə istifadə etmək olmaz. Bu şərtlər çərçivəsində lisenziya sizə aşağıdakılara icazə verir:

Paylaşmaq — materialın surətini çıxarmaq, hər hansı format və ya yerdə paylaşmaq

Uyğunlaşdırmaq — yenidən tərtib, dəyişdirmək və material əsasında yeni şeylər istehsal etmək

İçindəkilər

- 1 Biologiyanın Əsas Mövzuları, Təkamül və Elmi Araşdırma 2

BÖLÜM 1 CANLI TƏBİƏTİN KİMYASI

- 2 Canlıların Kimyəvi Tərkibi 28
- 3 Su və Həyat 44
- 4 Karbon və Canlı Təbiətin Molekulyar Müxtəlifliyi 56
- 5 Böyük Bioloji Molekulların Struktur və Funksiyası 66

BÖLÜM 2 HÜCEYRƏ

- 6 Hüceyrə Səyahəti 93
- 7 Membranların Struktur və Funksiyası 126
- 8 Metabolizmə Giriş 143
- 9 Hüceyrə Tənəffüsü və Fermentasiya 164
- 10 Fotosintez 187
- 11 Hüceyrəvi Xəbərləşmə 212
- 12 Hüceyrə Dövrəsi 234

BÖLÜM 3 GENETİKA

- 13 Meyoz və Cinsi Həyat Dövrəsi 254
- 14 Mendel və Gen Anlayışı 269
- 15 İrsiyyətin Xromosom Əsası 294
- 16 İrsiyyətin Molekulyar Əsası 314
- 17 Gen Ekspressiyası: Gendən Proteinə İnformasiya Axışı 335
- 18 Gen Ekspressiyasının Tənzimi 363
- 19 Viruslar 396
- 20 DNA Vasitələri və Biotexnologiya 413
- 21 Genom və Təkamülü 440

BÖLÜM 4 TƏKAMÜL MEXANİZMLƏRİ

- 22 Darwin Təlimi: Dəyişərək Törəmə 466
- 23 Populyasiya Təkamülü 484
- 24 Növlərin Mənşəyi 504
- 25 Yer Kürəsində Canlı Təbiətin Tarixi 523

BÖLÜM 5 BIOLOJİ MÜXTƏLİFLİYİN TƏKAMÜL TARİXİ

- 26 Filogenetika və Həyat Ağacı 551

- 27 Bakteriyalar və Arxeyalar 571
- 28 İbtidailər 591
- 29 Bitkilər: Qurunun Kəşfi 616
- 30 Toxumlu Bitkilərin Təkamülü 634
- 31 Göbələklər 652
- 32 Heyvan Müxtəlifliyi 671
- 33 Onurğasızlar 684
- 34 Onurğalılarda Mənşəyi və Təkamülü 716

BÖLÜM 6 BİTKİ FORMA VƏ FUNKSİYASI

- 35 Borulu Bitkilərin Strukturu, Böyüməsi və İnkişafı 756
- 36 Borulu Bitkilərdə Resursların Əldə Olunması və Nəqliyyatı 782
- 37 Torpaq və Bitkilərin Qidalanması 803
- 38 Örtülütoxumlularda Çoxalma və Biotexnologiya 820
- 39 Bitkilərin Daxili və Xarici Siqnallara Cavabı 840

BÖLÜM 7 HEYVAN FORMA VƏ FUNKSİYASI

- 40 Heyvan Forma və Funksiyasının Əsasları 871
- 41 Heyvanlarda Qidalanma 896
- 42 Qan Dövrəsi və Hava Alış-Verişi 919
- 43 İmmunitet Sistemi 950
- 44 Osmotənzimləmə və İfrazat 975
- 45 Hormonlar və Endokrin Sistemi 997
- 46 Heyvanlarda Çoxalma 1017
- 47 Heyvanlarda İnkişaf 1041
- 48 Neyronlar, Sinapslar və Siqnalötürmə 1065
- 49 Sinir Sistemi 1083
- 50 Hissi və Hərəkəti Mexanizmlər 1105
- 51 Heyvan Davranışı 1137

BÖLÜM 8 EKOLOGİYA

- 52 Ekologiya və Biosferə Giriş 1162
- 53 Populyasiya Ekologiyası 1188
- 54 Biosenoz Ekologiyası 1212
- 55 Ekosistemlər və Bərpa Ekologiyası 1236
- 56 Mühafizə Biologiyası və Qlobal Dəyişmə 1258

Müəlliflər Haqqında



Lisa A. Urry Millis Kollecinin Biologiya kafedrasının müdiri və biologiya elmləri professorudur. O, Tufts Universitetindən B.A. dərəcəsi ilə məzun olduqdan sonra, Ph.D. dərəcəsini MIT-də (Massachusetts Institute of Technology) əldə etmişdir. Lisa dəniz kirpələrinin embrion və sürfə inkişafı zamanı baş verən gen ekspressiyası üzərində araşdırma aparmışdır. O təbiət elmləri sahəsində qadınlar və azlıqlar üçün şəraitin yaxşılaşdırılması istiqamətində çalışır. Biologiyaya giriş, inkişaf biologiyası kimi fənlərlə yanaşı, "Gələcək Prezidentlər üçün Təkamül" kimi qeyri-ixtisas fənlərin tədrisi ilə məşğuldur.



Michael L. Cain ekoloq və təkamülşünasdır. Hal-hazırda yazıçılıqla məşğul olur. O, Bowdoin Kollecinə A.B. dərəcəsi ilə məzun olmuş, Brown Universitetindən M.Sc., Cornell Universitetindən isə Ph.D. dərəcəsi almışdır. Nyu Meksiko Universitetində biologiyaya giriş, ekologiya, təkamül, botanika və mühafizə biologiyası dərsləri keçmişdir. Michael həşəratlarda və bitkilərdə qidalanma davranışı, uzunməsafəli toxum yayılması və cırcıramalarda növəməlgəlmə üzrə onlarla elmi məqalənin müəllifidir.



Steven A. Wasserman San Diego, Kaliforniya Universitetinin (UCSD) biologiya elmləri professorudur. Harvard Universitetindən A.B. dərəcəsi və MIT-dən Ph.D. dərəcəsi almışdır. Drosophila milçəyi üzərində işləyərək inkişaf biologiyası, çoxalma və immunitet üzərində araşdırmalar aparmışdır. Əvvəllər genetikə, inkişaf və fiziologiya tədris edən Steven artıq biologiya giriş fənni ilə məşğul olur. O, bu sahədə UCSD-nin "Distinguished Teaching" mükafatı ilə təltif olunmuşdur.



Peter V. Minorsky biologiyaya giriş, ekologiya və botanika fənlərini tədris etdiyi Mercy Kollecinə biologiya elmləri professorudur. O, Vassar kollecindən A.B. dərəcəsi ilə məzun olmuş və Cornell Universitetində Ph.D. dərəcəsi almışdır. Kenyon Kollecinə, Union Kollecinə, Qərbi Connecticut Dövlət Universitetində və Vassar kollecində dərslər keçmişdir. O həmçinin "Plant Physiology" jurnalının elmi yazarıdır. Araşdırma mövzuları bitkilərin ətraf mühitdəki dəyişiklikləri necə hiss etməsi ilə bağlıdır. Peter 2008-ci ildə Mercy Kollecinin "for Teaching Excellence" mükafatına layiq görülmüşdür.



Jane B. Reece Neil Campbellin uzun müddət həmkarı olmuş, Campbell Biologiyasının 8-10-cu buraxılışlarının müəllif komandasının başçısı olmuşdur. O, Middlesex County Kollecinə və Queensborough Community Kollecinə biologiya tədris etmişdir. Harvard Universitetindən A.B. dərəcəsi ilə məzun olmuş və Rutgers Universitetindən M.S. dərəcəsi almışdır. Ph.D. dərəcəsini Berkeley, Kaliforniya Universitetində qazanmışdır. Jane doktorantura kimi UC Berkeley-də və aspirant kimi Stanford Universitetində bakteriyalarda genetik rekombinasiya ilə bağlı araşdırmalar aparmışdır. Campbell Biologiyasının üzərində gördüyü işlərdən başqa, həmçinin Campbellin bütün buraxılışlarının həmmüəllifidir.



Neil A. Campbell (1946-2004) M.A. dərəcəsini Los Angeles, Kaliforniya Universitetində və Ph.D. dərəcəsini Riverside, Kaliforniya Universitetində qazanmışdır. Araşdırmaları səhra və dənizsahili bitkilər üzərində olmuşdur. Onun 30 illik pedaqoji kariyerası Cornell Universitetində, Pomona Kollecinə və San Bernardino Kollecinə biologiyaya giriş dərslərindən ibarət olmuşdur. Sonuncuda 1986-cı ildə kollecin ilk "Outstanding Professor" mükafatına layiq görülmüşdür. O həmçinin bir-neçə il Riverside, Kaliforniya Universitetində

Müəlliflərdən Təşəkkürlər

Bu kitabın müəllifləri dünyanın dörd bir yanından *Campbell Biologiya* dərsliyinin 11-ci buraxılışına töhfə verən bütün müəllim, tədqiqatçı, tələbə və professorlara dərin minnətdarlığını bildirmək istəyir.

Kitabın müəllifləri olaraq, sürətlə böyüyən biologiya elminin yenilikləri ilə ayaqlaşmağın çətinliyini yaxşı anlayırıq. Bizimlə öz tədqiqat sahələrini müzakirə edən, bu sahələr aid sualları cavablandıran, biologiya tədrisi ilə əlaqəli fikirlərini bölüşən alimlərə dərin təşəkkürümüzü bildiririk. Onların arasında Graham Alexander, John Archibald, Kristian Axelsen, Barbara Bowman, Joanne Chory, Roger Craig, Michael Hothorn, Patrick Keeling, Barrett Klein, Rachel Kramer Green, James Nieh, Kevin Peterson, T.K. Reddy, Andrew Roger, Alastair Simpson, Marty Taylor və Elisabeth Wade-ə xüsusi təşəkkür borcluyuq (əlifba sırasıyla düzülmüşdür). Bundan əlavə, xxviii–xxxi nömrəli səhifələrdə adları çəkilmiş bioloqlar detallı rəyləri ilə kitabın elmi doğruluğunu təmin etmək və pedaqoji dəyərini artırmaq yolunda kömək etmişlər. Öyrənmə Bələdçisinin müəllifi Michael Pollock bu kitabın dəqiqlik, aydınlıq və ardıcılığına önəmli tövhələr vermişdir. Carolyn Wetzel, Ruth Buskirk, Joan Sharp, Jennifer Yeh və Charlene D’Avanzo isə Elmi Bacarıq Məşğələsi və Məsələ Həlli Məşğələsi hissələrinə öz töhfələrini vermişdir.

Dünyanın hər tərəfindən bizimlə birbaşa əlaqə saxlayıb faydalı təkliflər verən bütün müəllim və tələbələrə təşəkkür edirik. Bu kitabda gözdən qaçan bütün səhvlərin məsuliyyətini sadəcə biz daşıyıraq, ancaq bizimlə işləyən konsultant, rəyçi və digər əməkdaşlarımızın böyük səyləri bizim əsərin doğruluğu və effektivliyinə olan əminliyimizi dəfələrlə artırır.

Görkəmli alimlərlə aparılan müsahibələr *Campbell Biologiya* kitabının ilk buraxılışından başlamış köklü ənənədir və kitabı hər yeni buraxılışı üçün gözdən keçirən zaman müəlliflərin ən çox zövq aldığı mərhələlərindən biridir. Lovell Jones, Elba Serrano, Shirley Tilghman, Jack Szostak, Nancy Moran, Philip Benfey, Harald zur Hausen və Tracy Langkilde ilə aparılan müsahibələr bölmələrin əvvəlinə yerləşdirilmişdir.

Biz Rebecca Orra eText, Study Area və Ready-to-Go Teaching Modules üçün rəqəmsal resursları hazırladığına görə xüsusilə minnətdarıq. Ready-to-Go Teaching Modules komandasının digər üzvlərinə də təşəkkür edirik: Molly Jacobs, Karen Resendes, Eileen Gregory, Angela Hodgson, Maureen Leupold, Jennifer Metzler, Allison Silveus, Jered Studinski, Sara Tallarovic, Judy Schoonmaker, Michael Pollock və Chad Brassil. Həmçinin Figure Walkthrough-lar üzərində sərf etdikləri gərgin əməyə görə Carolyn Wetzel, Jennifer Yeh, Matt Lee və Sherry Seston-a səmimi təşəkkürümüzü bildirmək istərdik. Bu layihəni çox yaxşı təşkil etdiyinə görə Katie Cook-a təşəkkürümüzü bildiririk. MasteringBiology-də Görüntülənən Şəkilləri müşayiət edən sualları yazdığına görə Kaddee Lawrence-ə və Məsələ Həlli Məşğələlərini MasteringBiology dərslərinə çevirdiyi üçün Mikaela Schmitt-Harsha təşəkkür borcluyuq.

*Campbell Biologiya*nın öyrənmə vasitəsi kimi dəyəri müəllimlər və tələbələr üçün yaradılan əlavə materiallar sayəsində artmışdır. Biz bu materialları hazırlayan müəlliflərin mahiyyətə kiçik (və o qədər də kiçik olmayan) kitablar yazdıqlarını hesab edirik. Həmçinin aşağıda sadalanan müəlliflərə də minnətdarıq: Kathleen Fitzpatrick və Nicole Tunbridge (PowerPoint® mühazirə təqdimatları); Roberta Batorsky, Douglas Darnowski, James Langeland və David Knochel (Clicker Questions); Sonish Azam, Kevin Friesen, Murty Kambhampati, Janet Lanza, Ford Lux, Chris Romero, Ruth Sporer və David Knochel (test bankı); Natalie Bronstein, Linda Logdberg, Matt McArdle, Ria Murphy, Chris Romero, and Andy Stull (Dynamic Study Modules); və

Eileen Gregory, Rebecca Orr və Elena Pravosudova (Adaptive Follow-up Assignments).

Bu kitabı müşayiət etməsi üçün MasteringBiology™ və digər qiymətsiz elektron vasitələr hazırlanmışdır. Onların yenilənmiş versiyaları üzərində işlədiklərinə görə bu çalışqan təlimçilərə təşəkkür edirik: Roberta Batorsky, Beverly Brown, Erica Cline, Willy Cushwa, Tom Kennedy, Tom Owens, Michael Pollock, Frieda Reichsman, Rick Spinney, Dennis Venema, Carolyn Wetzel, Heather Wilson-Ashworth və Jennifer Yeh. Mətni müşayiət edən bu və digər elektron vasitələrin hazırlanmasında əməyi keçən başqa insanlara – biologiya təlimçilərinə, redaktorlara və istehsal mütəxəssislərinə – da həmçinin minnətdarlığımızı bildiririk.

Campbell Biologiya alim komandası ilə nəşir komandasının qeyri-adi əməkdaşlığının nəticəsidir.

Pearson Education-ın redaktor komandası istedad, əzm və pedaqoji təcrübəsini bir daha sübut etdi. Portfolio menecment mütəxəssisimiz olan Josh Frost nəşriyyata fərasət, intellekt və komandanı idarə edəcək təmkinlilik gətirdi. Kitabın aydın və effektiv olmasının əsas səbəbi baş analitiklərimiz John Burner, Mary Ann Murray, Mary Hill, Laura Southworth və Hilair Chism ilə birlikdə işləyən nəzarətçi redaktorlarımız Beth Winickoff və Pat Burner-dir. Layihənin doğru istiqamətə yönləndirilməsi məzmun hazırlanması direktorumuz Ginnie Simione Jutson və portfolio menecment direktorumuz Beth Wilbur-süz mümkün olmazdı. Həmçinin, hər il Biology Leadership Konfranslarını təşkil edən və bizi AP Biologiya dünyası ilə təmasda saxlayan Robin Heyden-ə bunlar üçün təşəkkür etmək istəyirik.

Bu gözəl iş aşağıdakı istehsal komandası olmadan mümkün olmazdı: istehsalın idarəedilməsi xidmətlərinin direktoru Erin Gregg; menecer-produser Michael Early; məzmun istehsalçısı Lori Newman; foto araşdırmaçısı Maureen Spuhler; mətn redaktoru Joanna Dinsmore; korrektor Pete Shanks; hüquq və icazə meneceri Ben Ferrini; menecer-redaktor Angel Chavez və heyətin “Integra Software Services, Inc.”da işləyən digər üzvləri; sənət istehsal meneceri Rebecca Marshall, rəssam Kitty Auble və heyətin “Lachina”da işləyən digər üzvləri; dizayn meneceri Marilyn Perry; mətn və cild dizayneri Elise Lansdon; və emalat alıcı Stacey Weinberger. Həmçinin, mətnə əlavələr üzərində işləyən bu şəxslərə də təşəkkür edirik: “Progressive Publishing Alternatives”dən Josey Gist, Margaret Young, Kris Langan, Pete Shanks, Crystal Clifton və Jennifer Hastings və Integra-dan Margaret McConnell. Və mətnləri müşayiət edən elektron materialları hazırladığı üçün Tania Mlawer, Sarah Jensen, Charles Hall, Katie Foley, Laura Tommasi, Lee Ann Doctor, Tod Regan, Libby Reiser, Jackie Jakob, Sarah YoungDualan, Cady Owens, Caroline Ayres, Katie Cook və Ziki Dekelə, eyni zamanda istehsal və rəqəmsal studiya vitse-prezidenti Lauren Fogel-ə və rəqəmsal məzmun hazırlanması portfolio menecment direktoru Stacy Trecoya təşəkkür borcluyuq.

Son olaraq bu uzun layihə boyu bizi ruhlandırıdqlarına və səbrli olduqlarına görə ailələrimizə və dostlarımıza təşəkkür etmək istəyirik. Ross, Lily və Alex (L.A.U.); Debra və Hannah (M.L.C.); Aaron, Sophie, Noah və Gabriele (S.A.W.); Natalie (P.V.M.); və Paul, Dan, Maria, Armelle və Sean (J.B.R.), xüsusi təşəkkürlər. Və həmişəki kimi, Rochelle, Allison, Jason, McKay və Gus-a təşəkkür edirik.

Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky və Jane B. Reece

HTL Qeydi: Kitabın alimlərlə müsahibələr, MasteringBiology və sair kimi bəzi hissələri azərbaycan dilinə tərcümə olunmamışdır.

Habitat Komandası Haqqında

Araz Zeyniyev ODTÜ Molekulyar Miologiya və Genetika bölümündən məzun olmuş, Groningen və Rostock Universitetlərində genetik sahəsində tədqiqatlar aparmış, Azərbaycanın müxtəlif universitet və məktəblərində biologiya dərsləri demişdir. Araz layihənin həmtəsisçisi olmaqla bərabər Campbell Biologiya kitabının tərcüməsində idarəçi, tərcüməçi və elmi redaktor rollarını oynayır. **Tərcümə** Fəsil 1, 4-7, 11 **Elmi redaktə** Fəsil 2,3, 8-10, 12

Ərtoğrul Alishəyli Radboud Universitetində eşitmənin neyroelmi sahəsi üzrə doktorantdır. O, daha öncə McGill Universitetində Anatomiya və Hüceyrə Biologiyası üzrə bakalavr, Amsterdam Universitetində Beyin və İdrak Elmləri üzrə magistr təhsili almışdır. Ərtoğrul layihənin həmtəsisçilərindən biridir və layihənin idarəsində, kitabın tərcüməsində, elmi redaktə və dizaynında iştirak edir. **Tərcümə** Fəsil 2-3, 8-10 **Elmi redaktə** Fəsil 1, 4-7

Şəbnəm Məhərrəmov UNEC İqtisadiyyatın İdarə Edilməsi ixtisasının məzunu olub, həmçinin Code Academy-də Qrafik Dizayn ixtisası təhsilini alıb. Layihədəki rolu kitabın tərtibatı və dizaynından ibarətdir. **Tərtibat** Fəsil 1-12

Mehman Abdullayev Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasında Energetika Mühəndisliyi üzrə bakalavr, İstanbul Mədəniyyət Universitetində isə Elm Tarixi və Fəlsəfəsi üzrə magistr təhsili almışdır. Eyni zamanda, Başla hərəkətinin həmtəsisçilərindən olan Mehmanın layihədəki rolu mətnin ədəbi redaktəsidir. **Ədəbi redaktə** Fəsil 1-11

Firudin Həsənov Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasında energetika mühəndisliyi üzrə bakalavr təhsilini aldıqdan sonra Başla hərəkətinin təsis olunmasında iştirak etmişdir. O, bu günədək bu layihədə nəşir olaraq çalışmaqda və Azərbaycan dilinə yeni əsərlər qazandırmaqdadır. Firudin layihədə rolu mətnin korreksiyasıdır. **Korrektə** Fəsil 1-9

Naqi Məhəmmədza Bakı Dövlət Universitetinin Biologiya bölümündən məzun olan Naqi lüğətin hazırlanması, terminologiyanın araşdırılması, yoxlanılması və elmi-kütləvi videoların hazırlanmasını təşkil edir.

Cəfər Sadiq İsa Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetində Biotibbi Mühəndislik ixtisası üzrə təhsil alan Cəfər layihədə terminologiyanın araşdırılması, yoxlanılmasında, o cümlədən tərcümədə iştirak edir. **Tərcümə** Fəsil 12

Araz Bağirov Bakı Dövlət Universitetində Tarix üzrə bakalavr, Anadolu Universitetində Sosiologiya üzrə magistr təhsili almışdır. Araz layihədəki rolu mətnin ədəbi redaktəsindən ibarətdir. **Ədəbi redaktə və korrektə** Fəsil 12

Nigar İsmayılzadə BDU biologiya müəllimliyi üzrə bakalavr, Pace Universitetindən Biokimya və Molekulyar Biologiya üzrə magistr dərəcəsi qazanmış, New Jersey onkoloji institutda tədqiqatlarda iştirak etmişdir. Hazırda ADA məktəbində biologiya müəllimidir. Layihəyə tərcüməçi və elmi redaktor olaraq töhvə verir. **Elmi redaktə** Fəsil 11

Təşəkkürlər

Arslan İbrahimi

Nigar Cəmilgil
Nərmin Beydizadə
Aygül Qurbanova
Xəqani Eynullazadə
Nərgiz Sadiqzadə
Nicat Qarayev
Aysel Axundova
Nəzakət Əzimli
Baku Idea Lab
Camal İsmayılzadə
Rasim Qaraca
Orxan Əmrullayev
Ləman Orucova
Fərman Dadaşov
Aygül Salahova

Donorlar

Azerbaijani Cultural Society of Northern California (ACSNC) və Yurt Center

Kitab tərcüməsi üçün bizə əsas maddi dəstəyi verən və bu layihəni mümkün edən təşkilata və ona dəstək olan şəxslərə ən dərin minnətdarlığımızı bildiririk.

Ayrıca layihəyə ianə edən aşağıdakı şəxslərə və adlarını bilmədiyimiz bütün anonim donorlara təşəkkür edirik:

Orxan Qasimov
İbrahim Məmmədli
Rüstəm İbrahim
Azər Məmmədli
Vüqar Yaqublu
Atabəy Ağalarbəyli

Fikrət Bayramlı
Məmmədəmin Müzəffərli
Ziya Seyidbalayev
Adil Əliyev
Firuzə Mahmudova
Qəhrəman Şahbazov

Habitat Tərcümə Layihəsi

Azərbaycanda elmin bütün sahələrində, o cümlədən biologiya sahəsində, son 30 ili tənəzzül dövrü kimi xarakterizə etmək olar. Bu zaman zərfində SSRİ dövründə yaradılmış elmi institut və universitetlərin maddi-texniki bazası kəskin kiçilmiş, sosial mövqeləri zəifləmiş, bunun nəticəsində ölkəni çox sayda alim və professional kadr tərk etmiş və elmi tədqiqatlar effektiv olaraq dayanmışdır. Azərbaycan bu gün dünyada tədqiqat və inkişafa ən az maddi vəsait ayıran ölkələrdəndir. Ümumdaxili məhsulun tədqiqat və inkişafa düşən payı 0.2%-dir ki, bu rəqəm nəinki dünya miqyasında, hətta qonşu və post-Sovet ölkələri arasında ən aşağı rəqəmlərdəndir. Təəccüblü deyil ki, ölkənin elmi hasilatı müxtəlif indekslərə görə dünya miqyasında sonuncu yerlərdə görünür. Elmə qarşı göstərilən etinasızlıq öz növbəsində təhsilin keyfiyyətini aşağı salır, çünki təhsil sisteminin təməlində elmi sistem tərəfindən hazırlanan tədris və insan resursları durur. Elmə dəstək verilməyən yerdə alimlər, alimlər olmayan yerdə yaxşı universitetlər, yaxşı universitetlər olmayan yerdə keyfiyyətli kadrlar və resurslar, bunlar olmayan yerdə isə adekvat təhsil olmur.

Təqdim etdiyimiz bu 6 fəsil düşdüyümüz bu qısır dövrdən çıxmaq üçün tətbiq edilə biləcək yanaşmanın ilkin məhsullarındandır. Düşünürük ki, tərcümə yolu ilə dilimizə yeni tədris resursları gətirmək, təhsil probleminin həlli üçün ictimai şəkildə həyata keçirilə biləcək ən effektiv addımdır. Maddi mənfəəti əsas olaraq götürən bazar ideologiyasının qazandıra bilmədiyi elmi dərslikləri dilimizə ictimai əməkdaşlıq yolu ilə qazandıraraq universitetlərimizdə təhsil alan tələbələrin daha keyfiyyətli və zamanına uyğun təhsil almasına imkan yarada bilərik. Campbell Biologiya kitabının tərcüməsi bu baxımdan təkcə dilə resurs qazandırmaqla qalmır, həm də bu yanaşmanın necə işləyə biləcəyini göstərir.

Kitab Azərbaycan dilində mövcud olan resurslardan bir çox baxımdan fərqlənir. Birincisi, ilk buraxılışı 1988-ci ildə çıxan kitabın artıq 11-ci buraxılışı çıxıb. Bu 30 ildə kitab təkcə biologiya sahəsindəki yeniliklərə bağlı olaraq dəyişməklə qalmayıb, həm də mətn və qrafik illüstrasiyalar baxımından daha da təkmilləşib. İkincisi, kitab yüzrlərlə alimdən ibarət böyük bir elmi heyətin yoxlamasından keçərək nəşr edilmişdir. Keyfiyyətə kontrolun belə dərindən aparılması kitabın elmi cəhətdən dəqiq olmasına imkan verir. Üçüncüsü, kitabda təkcə nəzəri biliklərə deyil, eyni zamanda konkret elmi bacarıqların qavranması və əldə olunmasına xidmət edən elementlərə də yer ayrılıb. Dördüncüsü, Campbell Biologiya aydın və tələbələr üçün oxunub anlaşılması daha asan, interaktiv dillə yazılmış əsas mətni ilə Azərbaycan dilində mövcud olan, əsasən quru, ensiklopedik tərzdə yazılan, qrafik cəhətdən zəif, pedaqojik baxımdan qeyri-effektiv və praktiki baxımdan faydasız kitablardan kifayət qədər fərqlənir. Qrafik illüstrasiyalar, dizayn və əlavə elementlərin hər biri kitaba pedaqoji olaraq əlavə dəyər qazandırır. Buna baxmayaraq, bu məsələlərin heç birinə Azərbaycan dilində mövcud olan ədəbiyyatın əksəriyyətində ənənəvi olaraq heç bir diqqət ayrılmır. Bütün bunları nəzərə alsaq, bu kitabın nəyə görə dünyanın ən aparıcı dilləri (çin, ispan, alman, fransız və s.) də daxil olmaqla 19 dilə tərcümə edildiyini və müvafiq ölkələrin biologiya kurikulumlarında əsas dərsliyə çevrildiyini anlamaq çətin olmaz.

Bu kitabı Azərbaycan dilinə tərcümə etmək üçün ilk hazırlıqlar təxminən 2016-cı ilin sonlarında başlamışdır. Əslində o tarixə qədər də, bir cəmiyyət olaraq Azərbaycanın ümumi inkişafının qabağındakı ən böyük maneələrdən birinin və yaqın ki, ən fundamental olanının təməl elmi dərsliklər olduğu aydın idi bizə. Ancaq, konkret addımlar atmaq üçün əlimizə maddi resurs keçməmişdi. 2016-cı ilin sonunda Azərbaycandakı böyük bir qurumun rəhbərliyi ilə əlaqə saxlayıb, universitet dərsliklərinin tərcüməsi üçün vəsait ayrılmasının cəmiyyət üçün faydalı olacağı ideyası ilə çıxış etdik. Qurum bizim təklif əsasında dərslik tərcüməsi layihələrini maliyyələşdirilmək məqsədli ictimaiyyətə açıq elanı verdi. Biz də dördəlli işə girişdik və işimizin keyfiyyətini göstərmək üçün sürətlə OpenStax Biologiya kitabından Ekologiya fəslini tərcümə etdik. İlkin mərhələdə layihəmiz qəbul olunsada, qurum rəhbərliyindəki müəyyən insanların şəxsi mənafeyi işə qarışınca başladığımız iş dayandırıldı. Bu şərtlərdə, Campbell Biologiya kitabının tərcümə layihəsini ictimai layihəyə çevirmək qərarına gəldik. Fərd və qurumların ianələri ilə maliyyələşdirilmək üçün, 2018-ci il Sentyabr ayında ictimaiyyətə video müraciət edərək vəsait toplamağa başladıq. Hal hazırda, layihə büdcəsinin əsas hissəsini ABŞ-da yaşayan azərbaycanlıların qurduğu Azerbaijan Cultural Society of Northern California və Yurt Center təmin edir. Vəsaitin kiçik bir hissəsi isə Azərbaycanda və xaricdə yaşayan azərbaycanlıların ianələri ilə yığılmışdır.

Bu gün artıq 3 ildən çoxdur ki, bu kitabın tərcüməsi ilə məşğuluq. Hər işdə olduğu kimi, ilk addımlar yavaş olmuş, komandamıza səriştəli, həvəsli insanlar yığmaq zaman almışdır. Bu günə qədər, layihənin ümumilikdə təxminən 25%-ini bitirmişik. Təxminimizcə, bundan sonra 2 illik intensiv əməklə, 2022-ci ildə kitab bütövlükdə ərsəyə gəlmiş olacaq. Bu ilk 6 fəsillik hissənin yayılması ilə, bizə qoşulacaq insanların da çoxalacağını təxmin və ümid edirik.

Bu kitabın özünün tərcüməsindən daha da önəmli məqsəd, bənzər layihələrə təkan verməkdir. Sübut etmək istəyirik ki, belə nəhəng bir kitabı Azərbaycanda azərbaycanlıların özlərinin ictimai dəstəylə reallaşdırmaq mümkündür. Biz bu yola çıxarkən, sadəcə bir sahədə bir kitabın tərcüməsi məqsədi deyil, Azərbaycan dilində təməl elmi ədəbiyyatın modernləşdirilməsinə təkan vermək məqsədi qoymuşuq. Təkliddə, bu biologiya kitabı çox böyük bir boşluğun bir hissəsini doldursa da, ümumilikdə bu ölkədəki elmi durğunluğa dərman ola bilməz. Ana məqsəd ilk növbədə təbiət elmləri və onların tətbiq sahələrində (tibb, mühəndislik, aqronomiya, şərabçılıq və s.) olmaqla, beynəlxalq səviyyəli dərsliklərin tərcüməsinə nümunə olmaqdır. Buna görə də, öz sahəsində bilikli, həvəsli və səbirli insanları bizə qoşulmağa dəvət edirik. Dəvətimiz sadəcə mütəxəssislər üçün deyil; həvəskarlar, tələbələr, şagirdlər, bir sözlə hər kəsi qoşulmağa dəvət edirik. Bu layihə bir istehsal layihəsi olduğu qədər, eyni zamanda öyrənmə layihəsi, məktəbdir. Kitabı tərcümə etmək, onu ən incə detallarına qədər müzakirə edib, araşdırıb, ən doğru ifadəni tapmaq nəinki həvəskara, şagird, tələbəyə, hətta o sahədə onillərdir işləyən mütəxəssislərə belə çox şey öyrədir. İctimai əmək ilə yaradılan əsərlər xalqa, yəni bizə daha yaxşı xidmət edəcəkdir.

Rəyçilər

11-ci buraxılışın rəyçiləri

Steve Abedon, Ohio State University
John Alcock, Arizona State University
Philip Allman, Florida Gulf Coast College
Rodney Allrich, Purdue University
Jim Barron, Montana State University Billings
Stephen Bauer, Belmont Abbey College
Aimee Bernard, University of Colorado Denver
Teresa Bilinski, St. Edward's University
Sarah Bissonnette, University of California, Berkeley
Jeffery Bowen, Bridgewater State University
Scott Bowling, Auburn University
David Broussard, Lycoming College
Tessa Burch, University of Tennessee
Warren Burggren, University of North Texas
Patrick Cafferty, Emory University
Michael Campbell, Penn State University
Jeffrey Carmichael, University of North Dakota
P. Bryant Chase, Florida State University
Steve Christenson, Brigham Young University
Curt Coffman, Vincennes University
Bill Cohen, University of Kentucky
Sean Coleman, University of the Ozarks
Erin Connolly, University of South Carolina
Ron Cooper, University of California, Los Angeles
Curtis Daehler, University of Hawaii at Manoa
Deborah Dardis, Southeastern Louisiana University
Douglas Darnowski, Indiana University Southeast
Jeremiah Davie, D'Youville College
Melissa Deadmond, Truckee Meadows Community College
Jennifer Derkits, J. Sergeant Reynolds Community College
Jean DeSaix, University of Northern Carolina
Kevin Dixon, Florida State University
David Dunbar, Cabrini College
Anna Edlund, Lafayette College
Rob Erdman, Florida Gulf Coast College
Dale Erskine, Lebanon Valley College
Susan Erster, Stony Brook University
Linda Fergusson-Kolmes, Portland Community College, Sylvania Campus
Danilo Fernando, SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse
Christina Fieber, Horry-Georgetown Technical College
Melissa Fierke, SUNY College of Environmental Science and Forestry
Mark Flood, Fairmont State University
Robert Fowler, San Jose State University
Stewart Frankel, University of Hartford
Eileen Gregory, Rollins College
Gokhan Hacisalihoglu, Florida A&M University
Monica Hall-Woods, St. Charles Community College
Jean Hardwick, Ithaca College
Deborah Harris, Case Western Reserve University
Chris Haynes, Shelton State Community College
Albert Herrera, University of Southern California
Karen Hicks, Kenyon College
Elizabeth Hobson, New Mexico State University
Mark Holbrook, University of Iowa
Erin Irish, University of Iowa
Sally Irwin, University of Hawaii, Maui College
Jamie Jensen, Brigham Young University
Jerry Johnson, Corban University
Ann Jorgensen, University of Hawaii
Ari Jumpponen, Kansas State University
Doug Kane, Defiance College
Kasey Karen, Georgia College & State University
Paul Kenrick, Natural History Museum, London
Stephen T. Kilpatrick, University of Pittsburgh at Johnstown
Shannon King, North Dakota State University
Karen M. Klein, Northampton Community College
Jacob Krans, Western New England University
Dubear Kroening, University of Wisconsin
Barbara Kuemerle, Case Western Reserve University
Jim Langeland, Kalamazoo College
Grace Lasker, Lake Washington Institute of Technology
Jani Lewis, State University of New York at Geneseo
Scott Meissner, Cornell University
Jenny Metzler, Ball State University
Grace Miller, Indiana Wesleyan University
Jonathan Miller, Edmonds Community College
Mill Miller, Wright State University
Barbara Nash, Mercy College
Karen Neal, J. Sargeant Reynolds Community College, Richmond
Shawn Nordell, Saint Louis University
Olabisi Ojo, Southern University at New Orleans

Fatimata Pale, Thiel College
Susan Parrish, McDaniel College
Eric Peters, Chicago State University
Jarmila Pittermann, University of California, Santa Cruz
Jason Porter, University of the Sciences in Philadelphia
Elena Pravosudova, University of Nevada, Reno
Steven Price, Virginia Commonwealth University
Samiksha Raut, University of Alabama at Birmingham
Robert Reavis, Glendale Community College
Wayne Rickoll, University of Puget Sound
Luis Rodriguez, San Antonio College
Kara Rosch, Blinn College
Scott Russell, University of Oklahoma
Jodi Rymer, College of the Holy Cross
Per Salvesen, University of Bergen
Davison Sangweme, University of North Georgia
Karin Scarpinato, Georgia Southern University
Cara Schillington, Eastern Michigan University
David Schwartz, Houston Community College
Carrie Schwarz, Western Washington University
Joan Sharp, Simon Fraser University
Alison Sherwood, University of Hawaii at Manoa
Eric Shows, Jones County Junior College
Brian Shmaefsky, Lone Star College
John Skillman, California State University, San Bernardino
Rebecca Sperry, Salt Lake Community College
Clint Springer, Saint Joseph's University
Mark Sturtevant, Oakland University
Diane Sweeney, Punahou School
Kristen Taylor, Salt Lake Community College
Rebecca Thomas, College of St. Joseph
Martin Vaughan, Indiana University-Purdue University Indianapolis
Meena Vijayaraghavan, Tulane University
James T. Warren Jr., Pennsylvania State University
Jim Wee, Loyola University, New Orleans
Charles Wellman, Sheffield University
Christopher Whipps, State University of New York College of Environmental Science and Forestry
Philip White, James Hutton Institute
Jessica White-Phillip, Our Lady of the Lake University
Robert Yost, Indiana University-Purdue University Indianapolis
Tia Young, Pennsylvania State University

Əvvəlki buraxılışların rəyçiləri

Kenneth Able, State University of New York, Albany; Thomas Adams, Michigan State University; Martin Adamson, University of British Columbia; Dominique Adriaens, Ghent University; Ann Aguanno, Marymount Manhattan College; Shylaja Akkaraju, Bronx Community College of CUNY; Marc Albrecht, University of Nebraska; John Alcock, Arizona State University; Eric Alcorn, Acadia University; George R. Aliaga, Tarrant County College; Rodney Allrich, Purdue University; Richard Almon, State University of New York, Buffalo; Bonnie Amos, Angelo State University; Katherine Anderson, University of California, Berkeley; Richard J. Andren, Montgomery County Community College; Estray Ang, University of Pittsburgh, Greensburg; Jeff Appling, Clemson University; J. David Archibald, San Diego State University; David Armstrong, University of Colorado, Boulder; Howard J. Arnott, University of Texas, Arlington; Mary Ashley, University of Illinois, Chicago; Angela S. Aspbury, Texas State University; Robert Atherton, University of Wyoming; Karl Aufderheide, Texas A&M University; Leigh Auleb, San Francisco State University; Terry Austin, Temple College; P. Stephen Baenziger, University of Nebraska; Brian Bagatto, University of Akron; Ellen Baker, Santa Monica College; Katherine Baker, Millersville University; Virginia Baker, Chipola College; Teri Balser, University of Wisconsin, Madison; William Barklow, Framingham State College; Susan Barman, Michigan State University; Steven Barnhart, Santa Rosa Junior College; Andrew Barton, University of Maine Farmington; Rebecca A. Bartow, Western Kentucky University; Ron Basmajian, Merced College; David Bass, University of Central Oklahoma; Bonnie Baxter, Westminster College; Tim Beagley, Salt Lake Community College; Margaret E. Beard, College of the Holy Cross; Tom Beatty, University of British Columbia; Chris Beck, Emory University; Wayne Becker, University of Wisconsin, Madison; Patricia Bedinger, Colorado State University; Jane Beiswenger, University of Wyoming; Anne Bekoff, University of Colorado, Boulder; Marc Bekoff, University of Colorado, Boulder; San Mateo; Adrianne Bendich, Hoffman-La Roche, Inc.; Marilee Benore, University of Michigan, Dearborn; Barbara Bentley, State University of New York, Stony Brook; Darwin Berg, University of California, San Diego; Werner Bergen, Michigan State University; Gerald Bergstrom, University of Wisconsin,

Milwaukee; Anna W. Berkovitz, Purdue University; Dorothy Berner, Temple University; Annalisa Berta, San Diego State University; Paulette Bierzychudek, Pomona College; Charles Biggers, Memphis State University; Kenneth Birnbaum, New York University; Catherine Black, Idaho State University; Michael W. Black, California Polytechnic State University; San Luis Obispo; William Blaker, Furman University; Robert Blanchard, University of New Hampshire; Andrew R. Blaustein, Oregon State University; Judy Bluemer, Morton College; Edward Blumenthal, Marquette University; Robert Blystone, Trinity University; Robert Boley, University of Texas, Arlington; Jason E. Bond, East Carolina University; Eric Bonde, University of Colorado, Boulder; Cornelius Bondzi, Hampton University; Richard Boohar, University of Nebraska, Omaha; Carey L. Booth, Reed College; Allan Bornstein, Southeast Missouri State University; David Bos, Purdue University; Oliver Bossdorf, State University of New York, Stony Brook; James L. Botsford, New Mexico State University; Lisa Boucher, University of Nebraska, Omaha; J. Michael Bowes, Humboldt State University; Richard Bowker, Alma College; Robert Bowker, Glendale Community College, Arizona; Scott Bowling, Auburn University; Barbara Bowman, Mills College; Barry Bowman, University of California, Santa Cruz; Deric Bownds, University of Wisconsin, Madison; Robert Boyd, Auburn University; Sunny Boyd, University of Notre Dame; Jerry Brand, University of Texas, Austin; Edward Braun, Iowa State University; Theodore A. Bremner, Howard University; James Brennehan, University of Evansville; Charles H. Brenner, Berkeley, California; Lawrence Brewer, University of Kentucky; Donald P. Briskin, University of Illinois, Urbana; Paul Broady, University of Canterbury; Chad Brommer, Emory University; Judith L. Bronstein, University of Arizona; Danny Brower, University of Arizona; Carole Browne, Wake Forest University; Beverly Brown, Nazareth College; Mark Browning, Purdue University; David Bruck, San Jose State University; Robb T. Brumfield, Louisiana State University; Herbert Bruneau, Oklahoma State University; Gary Brusca, Humboldt State University; Richard C. Brusca, University of Arizona, Arizona-Sonora Desert Museum; Alan H. Brush, University of Connecticut, Storrs; Howard Buhse, University of Illinois, Chicago; Arthur Buikema, Virginia Tech; Beth Burch, Huntington University; Al Burchsted, College of Staten Island; Warren Burggren, University of North Texas; Meg Burke, University of North Dakota; Edwin Burling, De Anza College; Dale Burnside, Lenoir-Rhyne University; William Busa, Johns Hopkins University; Jorge Busciglio, University of California, Irvine; John Bushnell, University of Colorado; Linda Butler, University of Texas, Austin; David Byres, Florida Community College, Jacksonville; Guy A. Caldwell, University of Alabama; Jane Caldwell, West Virginia University; Kim A. Caldwell, University of Alabama; Ragan Callaway, The University of Montana; Kenneth M. Cameron, University of Wisconsin, Madison; R. Andrew Cameron, California Institute of Technology; Alison Campbell, University of Waikato; Iain Campbell, University of Pittsburgh; Patrick Canary, Northland Pioneer College; W. Zacheus Cande, University of California, Berkeley; Deborah Canington, University of California, Davis; Robert E. Cannon, University of North Carolina, Greensboro; Frank Cantelmo, St. John's University; John Capeheart, University of Houston, Downtown; Gregory Capelli, College of William and Mary; Cheryl Keller Capone, Pennsylvania State University; Richard Cardullo, University of California, Riverside; Nina Caris, Texas A&M University; Mickael Cariveau, Mount Olive College; Jeffrey Carmichael, University of North Dakota; Robert Carroll, East Carolina University; Laura L. Carruth, Georgia State University; J. Aaron Cassill, University of Texas, San Antonio; Karen I. Champ, Central Florida Community College; David Champlin, University of Southern Maine; Brad Chandler, Palo Alto College; Wei-Jen Chang, Hamilton College; Bruce Chase, University of Nebraska, Omaha; P. Bryant Chase, Florida State University; Doug Cheeseman, De Anza College; Shepley Chen, University of Illinois, Chicago; Giovina Chinchar, Tougaloo College; Joseph P. Chinnici, Virginia Commonwealth University; Jung H. Choi, Georgia Institute of Technology; Steve Christensen, Brigham Young University, Idaho; Geoffrey Church, Fairfield University; Henry Claman, University of Colorado Health Science Center; Anne Clark, Binghamton University; Greg Clark, University of Texas; Patricia J. Clark, Indiana University-Purdue University, Indianapolis; Ross C. Clark, Eastern Kentucky University; Lynwood Clemens, Michigan State University; Janice J. Clymer, San Diego Mesa College; Reggie Cobb, Nashville Community College; William P. Coffman, University of Pittsburgh; Austin Randy Cohen, California State University, Northridge; J. John Cohen, University of Colorado Health Science Center; James T. Colbert, Iowa State University; Sean Coleman, University of the Ozarks; Jan Colpaert, Hasselt University; Robert Colvin, Ohio University; Jay Comeaux, McNeese State University; David Cone, Saint Mary's University; Elizabeth Connor, University of Massachusetts; Joanne Conover, University of Connecticut; Gregory Copenhaver, University of North Carolina, Chapel Hill; John Corliss, University of Maryland; James T. Costa, Western Carolina University; Stuart J. Coward, University of Georgia; Charles Creutz, University of Toledo; Bruce Criley, Illinois Wesleyan University; Norma Criley, Illinois Wesleyan University; Joe W. Crim, University of Georgia; Greg Crowther, University of Washington; Karen Curto, University of Pittsburgh; William Cushman, Clark College; Anne Cusic, University of Alabama, Birmingham; Richard Cyr, Pennsylvania State University; Marymegan Daly, The Ohio State University; Deborah Dardis, Southeastern Louisiana University; W. Marshall Darley, University of Georgia; Cynthia Dasserl, The Ohio State University; Shannon Datwyler, California State University, Sacramento; Marianne Dauwalder, University of Texas, Austin; Larry Davenport, Samford University; Bonnie J. Davis, San Francisco State University; Jerry Davis, University of Wisconsin, La Crosse; Michael A. Davis, Central Connecticut State University; Thomas Davis, University of New Hampshire; Melissa Deadmond, Truckee Meadows Community College; John Dearn, University of Canberra; Maria E. de Bellard, California State University, Northridge; Teresa DeGoller, Bethel College; James Dekloe, University of California, Santa Cruz; Eugene Delay, University of Vermont; Patricia A. DeLeon, University of Delaware; Veronique Delesalle, Gettysburg College; T. Delevoryas, University of Texas, Austin; Roger Del Moral, University of Washington; Charles F. Delwiche, University of Maryland; Diane C. DeNagel, Northwestern University; William L. Dentler, University of Kansas; Daniel DerVartanian, University of Georgia; Jean DeSaix, University of North Carolina, Chapel Hill; Janet De Souza-Hart, Massachusetts College of Pharmacy & Health Sciences; Biao Ding, Ohio State University; Michael Dini, Texas Tech University;

Andrew Dobson, Princeton University; Stanley Dodson, University of Wisconsin, Madison; Jason Douglas, Angelina College; Mark Drapeau, University of California, Irvine; John Drees, Temple University School of Medicine; Charles Drewes, Iowa State University; Marvin Druger, Syracuse University; Gary Dudley, University of Georgia; Susan Dunford, University of Cincinnati; Kathryn A. Durham, Lorain Community College; Betsey Dyer, Wheaton College; Robert Eaton, University of Colorado; Robert S. Edgar, University of California, Santa Cruz; Anna Edlund, Lafayette College; Douglas J. Eernisse, California State University, Fullerton; Betty J. Eidemiller, Lamar University; Brad Elder, Doane College; Curt Elderkin, College of New Jersey; William D. Eldred, Boston University; Michelle Elekonich, University of Nevada, Las Vegas; George Ellmore, Tufts University; Mary Ellard-Ivey, Pacific Lutheran University; Kurt Elliott, North West Vista College; Norman Ellstrand, University of California, Riverside; Johnny El-Rady, University of South Florida; Dennis Emery, Iowa State University; John Endler, University of California, Santa Barbara; Rob Erdman, Florida Gulf Coast College; Dale Erskine, Lebanon Valley College; Margaret T. Erskine, Lansing Community College; Gerald Esch, Wake Forest University; Frederick B. Essig, University of South Florida; Mary Eubanks, Duke University; David Evans, University of Florida; Robert C. Evans, Rutgers University, Camden; Sharon Eversman, Montana State University; Olukemi Fadayomi, Ferris State University; Lincoln Fairchild, Ohio State University; Peter Fajer, Florida State University; Bruce Fall, University of Minnesota; Sam Fan, Bradley University; Lynn Fancher, College of DuPage; Ellen H. Fanning, Vanderbilt University; Paul Farnsworth, University of New Mexico; Larry Farrell, Idaho State University; Jerry F. Feldman, University of California, Santa Cruz; Lewis Feldman, University of California, Berkeley; Myriam Alhadeff Feldman, Cascadia Community College; Eugene Fenster, Longview Community College; Russell Fernald, University of Oregon; Rebecca Ferrell, Metropolitan State College of Denver; Kim Finer, Kent State University; Milton Fingerman, Tulane University; Barbara Finney, Regis College; Teresa Fischer, Indian River Community College; Frank Fish, West Chester University; David Fisher, University of Hawaii, Manoa; Jonathan S. Fisher, St. Louis University; Steven Fisher, University of California, Santa Barbara; David Fitch, New York University; Kirk Fitzhugh, Natural History Museum of Los Angeles County; Lloyd Fitzpatrick, University of North Texas; William Fixsen, Harvard University; T. Fleming, Bradley University; Abraham Flexer, Manuscript Consultant, Boulder, Colorado; Margaret Folsom, Methodist College; Kerry Foresman, University of Montana; Norma Fowler, University of Texas, Austin; Robert G. Fowler, San Jose State University; David Fox, University of Tennessee, Knoxville; Carl Frankel, Pennsylvania State University, Hazleton; Robert Franklin, College of Charleston; James Franzen, University of Pittsburgh; Art Fredeen, University of Northern British Columbia; Kim Fredericks, Viterbo University; Bill Freedman, Dalhousie University; Matt Friedman, University of Chicago; Otto Friesen, University of Virginia; Frank Frisch, Chapman University; Virginia Fry, Monterey Peninsula College; Bernard Frye, University of Texas, Arlington; Jed Fuhrman, University of Southern California; Alice Fulton, University of Iowa; Chandler Fulton, Brandeis University; Sara Fultz, Stanford University; Berdell Funke, North Dakota State University; Anne Funkhouser, University of the Pacific; Zofia E. Gagnon, Marist College; Michael Gaines, University of Miami; Cynthia M. Galloway, Texas A&M University, Kingsville; Arthur W. Galston, Yale University; Stephen Gammie, University of Wisconsin, Madison; Carl Gans, University of Michigan; John Gapter, University of Northern Colorado; Andrea Gargas, University of Wisconsin, Madison; Lauren Garner, California Polytechnic State University, San Luis Obispo; Reginald Garrett, University of Virginia; Craig Gatto, Illinois State University; Kristen Genet, Anoka Ramsey Community College; Patricia Gensel, University of North Carolina; Chris George, California Polytechnic State University, San Luis Obispo; Robert George, University of Wyoming; J. Whitfield Gibbons, University of Georgia; J. Phil Gibson, University of Oklahoma; Frank Gilliam, Marshall University; Eric Gillock, Fort Hayes State University; Simon Gilroy, University of Wisconsin, Madison; Edwin Ginés-Candelaria, Miami Dade College; Alan D. Gishlick, Gustavus Adolphus College; Todd Gleeson, University of Colorado; Jessica Gleffe, University of California, Irvine; John Glendinning, Barnard College; David Glenn-Lewin, Wichita State University; William Glider, University of Nebraska; Tricia Glidewell, Marist School; Elizabeth A. Godrick, Boston University; Jim Goetze, Laredo Community College; Lynda Goff, University of California, Santa Cruz; Elliott Goldstein, Arizona State University; Paul Goldstein, University of Texas, El Paso; Sandra Gollnick, State University of New York, Buffalo; Roy Golsteyn, University of Lethbridge; Anne Good, University of California, Berkeley; Judith Goodenough, University of Massachusetts, Amherst; Wayne Goodey, University of British Columbia; Barbara E. Goodman, University of South Dakota; Robert Goodman, University of Wisconsin, Madison; Ester Goudsmit, Oakland University; Linda Graham, University of Wisconsin, Madison; Robert Grammer, Belmont University; Joseph Graves, Arizona State University; Eileen Gregory, Rollins College; Phyllis Griffard, University of Houston, Downtown; A. J. F. Griffiths, University of British Columbia; Bradley Griggs, Piedmont Technical College; William Grimes, University of Arizona; David Grise, Texas A&M University, Corpus Christi; Mark Gromko, Bowling Green State University; Serine Gropper, Auburn University; Katherine L. Gross, Ohio State University; Gary Gussin, University of Iowa; Edward Gruberg, Temple University; Carla Guthridge, Cameron University; Mark Guyer, National Human Genome Research Institute; Ruth Levy Guyer, Bethesda, Maryland; Carla Haas, Pennsylvania State University; R. Wayne Habermehl, Montgomery County Community College; Pryce Pete Haddix, Auburn University; Mac Hadley, University of Arizona; Joel Hagen, Radford University; Jack P. Hailman, University of Wisconsin; Leah Haimo, University of California, Riverside; Ken Halanych, Auburn University; Jody Hall, Brown University; Monica Hall-Woods, St. Charles Community College; Heather Hallen-Adams, University of Nebraska, Lincoln; Douglas Hallett, Northern Arizona University; Rebecca Halyard, Clayton State College; Devney Hamilton, Stanford University (student); E. William Hamilton, Washington and Lee University; Matthew B. Hamilton, Georgetown University; Sam Hammer, Boston University; Penny Hanchey-Bauer, Colorado State University; William F. Hanna, Massasoit Community College; Dennis Haney, Furman University; Laszlo Hanzely, Northern Illinois University; Jeff Hardin, University of Wisconsin, Madison; Jean Hardwick, Ithaca College; Luke Harmon, University of Idaho;

Lisa Harper, University of California, Berkeley; Jeanne M. Harris, University of Vermont; Richard Harrison, Cornell University; Stephanie Harvey, Georgia Southwestern State University; Carla Hass, Pennsylvania State University; Chris Haufler, University of Kansas; Bernard A. Hauser, University of Florida; Chris Haynes, Shelton State Community College; Evan B. Hazard, Bemidji State University (emeritus); H. D. Heath, California State University, East Bay; George Hechtel, State University of New York, Stony Brook; S. Blair Hedges, Pennsylvania State University; Brian Hedlund, University of Nevada, Las Vegas; David Heins, Tulane University; Jean Heitz, University of Wisconsin, Madison; Andreas Hejnal, Sars International Centre for Marine Molecular Biology; John D. Helmann, Cornell University; Colin Henderson, University of Montana; Susan Hengeveld, Indiana University; Michelle Henricks, University of California, Los Angeles; Carol Henry, Chicago State University; Frank Heppner, University of Rhode Island; Albert Herrera, University of Southern California; Scott Herrick, Missouri Western State College; Ira Herskowitz, University of California, San Francisco; Paul E. Hertz, Barnard College; Chris Hess, Butler University; David Hibbett, Clark University; R. James Hickey, Miami University; Kendra Hill, San Diego State University; William Hillenius, College of Charleston; Kenneth Hillers, California Polytechnic State University, San Luis Obispo; Ralph Hinegardner, University of California, Santa Cruz; William Hines, Foothill College; Robert Hinrichsen, Indiana University of Pennsylvania; Helmut Hirsch, State University of New York, Albany; Tuan-hua David Ho, Washington University; Carl Hoagstrom, Ohio Northern University; Jason Hodin, Stanford University; James Hoffman, University of Vermont; A. Scott Holaday, Texas Tech University; N. Michele Holbrook, Harvard University; James Holland, Indiana State University, Bloomington; Charles Holliday, Lafayette College; Lubbock Karl Holte, Idaho State University; Alan R. Holyoak, Brigham Young University, Idaho; Laura Hoopes, Occidental College; Nancy Hopkins, Massachusetts Institute of Technology; Sandra Horikami, Daytona Beach Community College; Kathy Hornberger, Widener University; Pius F. Horner, San Bernardino Valley College; Becky Houck, University of Portland; Margaret Houk, Ripon College; Laura Houston, Northeast Lakeview College; Daniel J. Howard, New Mexico State University; Ronald R. Hoy, Cornell University; Sandra Hsu, Skyline College; Sara Huang, Los Angeles Valley College; Cristin Hulslander, University of Oregon; Donald Humphrey, Emory University School of Medicine; Catherine Hurlbut, Florida State College, Jacksonville; Diane Husic, Moravian College; Robert J. Huskey, University of Virginia; Steven Hutcheson, University of Maryland, College Park; Linda L. Hyde, Gordon College; Bradley Hyman, University of California, Riverside; Jeffrey Ihara, Mira Costa College; Mark Iked, San Bernardino Valley College; Cheryl Ingram-Smith, Clemson University; Harry Itagaki, Kenyon College; Alice Jackett, State University of New York, Albany; John Jackson, North Hennepin Community College; Thomas Jacobs, University of Illinois; Kathy Jacobson, Grinnell College; Mark Jaffe, Nova Southeastern University; John C. Jahoda, Bridgewater State College; Douglas Jensen, Converse College; Dan Johnson, East Tennessee State University; Lance Johnson, Midland Lutheran College; Lee Johnson, The Ohio State University; Randall Johnson, University of California, San Diego; Roishene Johnson, Bossier Parish Community College; Stephen Johnson, William Penn University; Wayne Johnson, Ohio State University; Kenneth C. Jones, California State University, Northridge; Russell Jones, University of California, Berkeley; Cheryl Jorcyk, Boise State University; Chad Jordan, North Carolina State University; Alan Journet, Southeast Missouri State University; Walter Judd, University of Florida; Thomas W. Jurik, Iowa State University; Caroline M. Kane, University of California, Berkeley; Thomas C. Kane, University of Cincinnati; The-Hui Kao, Pennsylvania State University; Tamos Kapros, University of Missouri; E. L. Karlstrom, University of Puget Sound; Jennifer Katcher, Pima Community College; Laura A. Katz, Smith College; Judy Kaufman, Monroe Community College; Maureen Kearney, Field Museum of Natural History; Eric G. Keeling, Cary Institute of Ecosystem Studies; Patrick Keeling, University of British Columbia; Thomas Keller, Florida State University; Elizabeth A. Kellogg, University of Missouri, St. Louis; Norm Kenkel, University of Manitoba; Chris Kennedy, Simon Fraser University; George Khoury, National Cancer Institute; Rebecca T. Kimball, University of Florida; Mark Kirk, University of Missouri, Columbia; Robert Kitchin, University of Wyoming; Hillar Klandorf, West Virginia University; Attila O. Klein, Brandeis University; Daniel Klionsky, University of Michigan; Mark Knauss, Georgia Highlands College; Janice Knepper, Villanova University; Charles Knight, California Polytechnic State University; Jennifer Knight, University of Colorado; Ned Knight, Linfield College; Roger Koeppe, University of Arkansas; David Kohl, University of California, Santa Barbara; Greg Kopf, University of Pennsylvania School of Medicine; Thomas Koppenheffer, Trinity University; Peter Kourtev, Central Michigan University; Margareta Krabbe, Uppsala University; Jacob Krans, Western New England University; Anselm Kratochwil, Universität Osnabrück; Eliot Krause, Seton Hall University; Deborah M. Kristan, California State University, San Marcos; Steven Kristoff, Ivy Tech Community College; William Kroll, Loyola University, Chicago; Janis Kuby, San Francisco State University; Barb Kuemerle, Case Western Reserve University; Justin P. Kumar, Indiana University; Rukmani Kuppuswami, Laredo Community College; David Kuriyaka, Ohio University; Lee Kurtz, Georgia Gwinnett College; Michael P. Labare, United States Military Academy, West Point; Marc-André Lachance, University of Western Ontario; J. A. Lackey, State University of New York, Oswego; Elaine Lai, Brandeis University; Mohamed Lakrim, Kingsborough Community College; Ellen Lamb, University of North Carolina, Greensboro; William Lamberts, College of St Benedict and St John's University; William L'Amoreaux, College of Staten Island; Lynn Lamoreux, Texas A&M University; Carmine A. Lanciani, University of Florida; Kenneth Lang, Humboldt State University; Dominic Lannutti, El Paso Community College; Allan Larson, Washington University; John Latto, University of California, Santa Barbara; Diane K. Lavett, State University of New York, Cortland, and Emory University; Charles Leavell, Fullerton College; C. S. Lee, University of Texas; Daewoo Lee, Ohio University; Tali D. Lee, University of Wisconsin, Eau Claire; Hugh Lefcort, Gonzaga University; Robert Leonard, University of California, Riverside; Michael R. Leonardo, Coe College; John Lepri, University of North Carolina, Greensboro; Donald Levin, University of Texas, Austin; Joseph Levine, Boston College; Mike Levine, University of California,

Berkeley; Alcinda Lewis, University of Colorado, Boulder; Bill Lewis, Shoreline Community College; Jani Lewis, State University of New York; John Lewis, Loma Linda University; Lorraine Lica, California State University, East Bay; Harvey Liftin, Broward Community College; Harvey Lillywhite, University of Florida, Gainesville; Graeme Lindbeck, Valencia Community College; Clark Lindgren, Grinnell College; Diana Lipscomb, George Washington University; Christopher Little, The University of Texas, Pan American; Kevin D. Livingstone, Trinity University; Andrea Lloyd, Middlebury College; Sam Loker, University of New Mexico; Christopher A. Loretz, State University of New York, Buffalo; Jane Lubchenco, Oregon State University; Douglas B. Luckie, Michigan State University; Hannah Lui, University of California, Irvine; Margaret A. Lynch, Tufts University; Steven Lynch, Louisiana State University, Shreveport; Richard Machemer Jr., St. John Fisher College; Elizabeth Machunis-Masuoka, University of Virginia; James MacMahon, Utah State University; Nancy Magill, Indiana University; Christine R. Maher, University of Southern Maine; Linda Maier, University of Alabama, Huntsville; Jose Maldonado, El Paso Community College; Richard Malkin, University of California, Berkeley; Charles Mallery, University of Miami; Keith Malmos, Valencia Community College, East Campus; Cindy Malone, California State University, Northridge; Mark Maloney, University of South Mississippi; Carol Mapes, Kutztown University of Pennsylvania; William Margolin, University of Texas Medical School; Lynn Margulis, Boston University; Julia Marrs, Barnard College (student); Kathleen A. Marrs, Indiana University-Purdue University, Indianapolis; Edith Marsh, Angelo State University; Diane L. Marshall, University of New Mexico; Karl Mattox, Miami University of Ohio; Joyce Maxwell, California State University, Northridge; Jeffrey D. May, Marshall University; Mike Mayfield, Ball State University; Kamau Mbuthia, Bowling Green State University; Lee McClenaghan, San Diego State University; Richard McCracken, Purdue University; Andrew McCubbin, Washington State University; Kerry McDonald, University of Missouri, Columbia; Tanya McGhee, Craven Community College; Jacqueline McLaughlin, Pennsylvania State University, Lehigh Valley; Neal McReynolds, Texas A&M International; Darcy Medica, Pennsylvania State University; Lisa Marie Meffert, Rice University; Susan Meiers, Western Illinois University; Michael Meighan, University of California, Berkeley; Scott Meissner, Cornell University; Paul Melchior, North Hennepin Community College; Phillip Meneely, Haverford College; John Merrill, Michigan State University; Brian Metscher, University of California, Irvine; Ralph Meyer, University of Cincinnati; James Mickle, North Carolina State University; Jan Mikesell, Gettysburg College; Roger Milkman, University of Iowa; Helen Miller, Oklahoma State University; John Miller, University of California, Berkeley; Kenneth R. Miller, Brown University; Alex Mills, University of Windsor; Sarah Milton, Florida Atlantic University; Eli Minkoff, Bates College; John E. Minnich, University of Wisconsin, Milwaukee; Subhash Minocha, University of New Hampshire; Michael J. Misamore, Texas Christian University; Kenneth Mitchell, Tulane University School of Medicine; Ivona Mladenovic, Simon Fraser University; Alan Molumby, University of Illinois, Chicago; Nicholas Money, Miami University; Russell Monson, University of Colorado, Boulder; Joseph P. Montoya, Georgia Institute of Technology; Frank Moore, Oregon State University; Janice Moore, Colorado State University; Linda Moore, Georgia Military College; Randy Moore, Wright State University; William Moore, Wayne State University; Carl Moos, Veterans Administration Hospital, Albany, New York; Linda Martin Morris, University of Washington; Michael Mote, Temple University; Alex Motten, Duke University; Jeanette Mowery, Madison Area Technical College; Deborah Mowshowitz, Columbia University; Rita Moyes, Texas A&M, College Station; Darrel L. Murray, University of Illinois, Chicago; Courtney Murren, College of Charleston; John Mutchmor, Iowa State University; Elliot Myerowitz, California Institute of Technology; Gavin Naylor, Iowa State University; Karen Neal, Reynolds University; John Neess, University of Wisconsin, Madison; Ross Nehm, Ohio State University; Tom Neils, Grand Rapids Community College; Kimberlyn Nelson, Pennsylvania State University; Raymond Neubauer, University of Texas, Austin; Todd Newbury, University of California, Santa Cruz; James Newcomb, New England College; Jacalyn Newman, University of Pittsburgh; Harvey Nichols, University of Colorado, Boulder; Deborah Nickerson, University of South Florida; Bette Nicotri, University of Washington; Caroline Niederman, Tomball College; Eric Nielsen, University of Michigan; Maria Nieto, California State University, East Bay; Anders Nilsson, University of Umeå; Greg Nishiyama, College of the Canyons; Charles R. Noback, College of Physicians and Surgeons, Columbia University; Jane Noble-Harvey, Delaware University; Mary C. Nolan, Irvine Valley College; Kathleen Nolta, University of Michigan; Peter Nonacs, University of California, Los Angeles; Mohamed A. F. Noor, Duke University; Shawn Nordell, St. Louis University; Richard S. Norman, University of Michigan, Dearborn (emeritus); David O. Norris, University of Colorado, Boulder; Steven Norris, California State University, Channel Islands; Gretchen North, Occidental College; Cynthia Norton, University of Maine, Augusta; Steve Norton, East Carolina University; Steve Nowicki, Duke University; Bette H. Nybakken, Hartnell College; Brian O'Conner, University of Massachusetts, Amherst; Gerard O'Donovan, University of North Texas; Eugene Odum, University of Georgia; Mark P. Oemke, Alma College; Linda Ogren, University of California, Santa Cruz; Patricia O'Hern, Emory University; Nathan O. Okia, Auburn University; Montgomery; Jeanette Oliver, St. Louis Community College, Florissant Valley; Gary P. Olivetti, University of Vermont; Margaret Olney, St. Martin's College; John Olsen, Rhodes College; Laura J. Ols, University of Michigan; Sharman O'Neill, University of California, Davis; Wan Ooi, Houston Community College; Aharon Oren, The Hebrew University; John Oross, University of California, Riverside; Rebecca Orr, Collin College; Catherine Ortega, Fort Lewis College; Charissa Osborne, Butler University; Gay Ostareello, Diablo Valley College; Henry R. Owen, Eastern Illinois University; Thomas G. Owens, Cornell University; Penny Padgett, University of North Carolina, Chapel Hill; Kevin Padian, University of California, Berkeley; Dianna Padilla, State University of New York, Stony Brook; Anthony T. Paganini, Michigan State University; Barry Palevitz, University of Georgia; Michael A. Palladino, Monmouth University; Matt Palmtag, Florida Gulf Coast University; Stephanie Pandolfi, Michigan State University; Daniel Papaj, University of Arizona; Peter Pappas, County College of Morris; Nathalie Pardigon, Institut Pasteur;

Bulah Parker, North Carolina State University; Stanton Parmeter, Chemeketa Community College; Cindy Paszkowski, University of Alberta; Robert Patterson, San Francisco State University; Ronald Patterson, Michigan State University; Crellin Pauling, San Francisco State University; Kay Pauling, Foothill Community College; Daniel Pavuk, Bowling Green State University; Debra Pearce, Northern Kentucky University; Patricia Pearson, Western Kentucky University; Andrew Pease, Stevenson University; Nancy Pelaez, Purdue University; Shelley Penrod, North Harris College; Imara Y. Perera, North Carolina State University; Beverly Perry, Houston Community College; Irene Perry, University of Texas of the Permian Basin; Roger Persell, Hunter College; Eric Peters, Chicago State University; Larry Peterson, University of Guelph; David Pfennig, University of North Carolina, Chapel Hill; Mark Pilgrim, College of Coastal Georgia; David S. Pilliod, California Polytechnic State University, San Luis Obispo; Vera M. Piper, Shenandoah University; Deb Pires, University of California, Los Angeles; J. Chris Pires, University of Missouri, Columbia; Bob Pittman, Michigan State University; James Platt, University of Denver; Martin Poenie, University of Texas, Austin; Scott Poethig, University of Pennsylvania; Crima Pogge, San Francisco Community College; Michael Pollock, Mount Royal University; Roberta Pollock, Occidental College; Jeffrey Pommerville, Texas A&M University; Therese M. Poole, Georgia State University; Angela R. Porta, Kean University; Jason Porter, University of the Sciences, Philadelphia; Warren Porter, University of Wisconsin; Daniel Potter, University of California, Davis; Donald Potts, University of California, Santa Cruz; Robert Powell, Avila University; Andy Pratt, University of Canterbury; David Pratt, University of California, Davis; Elena Pravosudova, University of Nevada, Reno; Halina Presley, University of Illinois, Chicago; Eileen Preston, Tarrant Community College Northwest; Mary V. Price, University of California, Riverside; Mitch Price, Pennsylvania State University; Terrell Pritts, University of Arkansas, Little Rock; Rong Sun Pu, Kean University; Rebecca Pyles, East Tennessee State University; Scott Quackenbush, Florida International University; Ralph Quatrano, Oregon State University; Peter Quinby, University of Pittsburgh; Val Raghavan, Ohio State University; Deanna Raineri, University of Illinois, Champaign-Urbana; David Randall, City University Hong Kong; Talitha Rajah, Indiana University Southeast; Charles Ralph, Colorado State University; Pushpa Ramakrishna, Chandler-Gilbert Community College; Thomas Rand, Saint Mary's University; Monica Ranes-Goldberg, University of California, Berkeley; Robert S. Rawding, Gannon University; Robert H. Reavis, Glendale Community College; Kurt Redborg, Coe College; Ahnya Redman, Pennsylvania State University; Brian Reeder, Morehead State University; Bruce Reid, Kean University; David Reid, Blackburn College; C. Gary Reiness, Lewis & Clark College; Charles Remington, Yale University; Erin Rempala, San Diego Mesa College; David Reznick, University of California, Riverside; Fred Rhoades, Western Washington State University; Douglas Rhoads, University of Arkansas; Eric Ribbens, Western Illinois University; Christina Richards, New York University; Sarah Richart, Azusa Pacific University; Christopher Riegle, Irvine Valley College; Loren Rieseberg, University of British Columbia; Bruce B. Riley, Texas A&M University; Todd Rimkus, Marymount University; John Rinehart, Eastern Oregon University; Donna Ritch, Pennsylvania State University; Carol Rivin, Oregon State University East; Laurel Roberts, University of Pittsburgh; Diane Robins, University of Michigan; Kenneth Robinson, Purdue University; Thomas Rodella, Merced College; Deb Roess, Colorado State University; Heather Roffey, Marianapolis College; Rodney Rogers, Drake University; Suzanne Rogers, Seton Hill University; William Roosenburg, Ohio University; Mike Rosenzweig, Virginia Polytechnic Institute and State University; Wayne Rosing, Middle Tennessee State University; Thomas Rost, University of California, Davis; Stephen I. Rothstein, University of California, Santa Barbara; John Ruben, Oregon State University; Albert Ruesink, Indiana University; Patricia Rugaber, College of Coastal Georgia; Scott Russell, University of Oklahoma; Neil Sabine, Indiana University; Tyson Sacco, Cornell University; Glenn-Peter Saetne, University of Oslo; Rowan F. Sage, University of Toronto; Tammy Lynn Sage, University of Toronto; Sanga Saha, Harold Washington College; Don Sakaguchi, Iowa State University; Walter Sakai, Santa Monica College; Mark F. Sanders, University of California, Davis; Kathleen Sandman, Ohio State University; Louis Santiago, University of California, Riverside; Ted Sargent, University of Massachusetts, Amherst; K. Sathasivan, University of Texas, Austin; Gary Saunders, University of New Brunswick; Thomas R. Sawicki, Spartanburg Community College; Inder Saxena, University of Texas, Austin; Carl Schaefer, University of Connecticut; Andrew Schaffner, Cal Poly San Luis Obispo; Maynard H. Schaus, Virginia Wesleyan College; Renate Scheibe, University of Osnabrück; David Schimpf, University of Minnesota, Duluth; William H. Schlesinger, Duke University; Mark Schlissel, University of California, Berkeley; Christopher J. Schneider, Boston University; Thomas W. Schoener, University of California, Davis; Robert Schorr, Colorado State University; Patricia M. Schulte, University of British Columbia; Karen S. Schumaker, University of Arizona; Brenda Schumpert, Valencia Community College; David J. Schwartz, Houston Community College; Christa Schwintzer, University of Maine; Erik P. Scully, Towson State University; Robert W. Seagull, Hofstra University; Edna Seaman, Northeastern University; Duane Sears, University of California, Santa Barbara; Brent Selinger, University of Lethbridge; Orono Shukdeb Sen, Bethune-Cookman College; Wendy Sera, Seton Hill University; Alison M. Shakarian, Salve Regina University; Timothy E. Shannon, Francis Marion University; Joan Sharp, Simon Fraser University; Victoria C. Sharpe, Blinn College; Elaine Shea, Loyola College, Maryland; Stephen Sheckler, Virginia Polytechnic Institute and State University; Robin L. Sherman, Nova Southeastern University; Richard Sherwin, University of Pittsburgh; Lisa Shimeld, Crafton Hills College; James Shinkle, Trinity University; Barbara Shipes, Hampton University; Richard M. Showman, University of South Carolina; Eric Shows, Jones County Junior College; Peter Shugarman, University of Southern California; Alice Shuttey, DeKalb Community College; James Sidie, Ursinus College; Daniel Simberloff, Florida State University; Rebecca Simmons, University of North Dakota; Anne Simon, University of Maryland, College Park; Robert Simons, University of California, Los Angeles; Alastair Simpson, Dalhousie University; Susan Singer, Carleton College; Sedonia Sipes, Southern Illinois University, Carbondale; John Skillman, California State University, San Bernardino;

Roger Sloboda, Dartmouth University; John Smarrelli, Le Moyne College; Andrew T. Smith, Arizona State University; Kelly Smith, University of North Florida; Nancy Smith-Huerta, Miami Ohio University; John Smol, Queen's University; Andrew J. Snope, Essex Community College; Mitchell Sogin, Woods Hole Marine Biological Laboratory; Doug Soltis, University of Florida, Gainesville; Julio G. Soto, San Jose State University; Susan Sovonick-Dunford, University of Cincinnati; Frederick W. Spiegel, University of Arkansas; John Stachowicz, University of California, Davis; Joel Stafstrom, Northern Illinois University; Alam Stam, Capital University; Amanda Starnes, Emory University; Karen Steudel, University of Wisconsin; Barbara Stewart, Swarthmore College; Gail A. Stewart, Camden County College; Cecil Still, Rutgers University, New Brunswick; Margery Stinson, Southwestern College; James Stockand, University of Texas Health Science Center, San Antonio; John Stolz, California Institute of Technology; Judy Stone, Colby College; Richard D. Storey, Colorado College; Stephen Strand, University of California, Los Angeles; Eric Strauss, University of Massachusetts, Boston; Antony Stretton, University of Wisconsin, Madison; Russell Stullken, Augusta College; Mark Sturtevant, University of Michigan, Flint; John Sullivan, Southern Oregon State University; Gerald Summers, University of Missouri; Judith Sumner, Assumption College; Marshall D. Sundberg, Emporia State University; Cynthia Surmacz, Bloomsburg University; Lucinda Swatzell, Southeast Missouri State University; Daryl Sweeney, University of Illinois, Champaign-Urbana; Samuel S. Sweet, University of California, Santa Barbara; Janice Swenson, University of North Florida; Michael A. Sypes, Pennsylvania State University; Lincoln Taiz, University of California, Santa Cruz; David Tam, University of North Texas; Yves Tan, Cabrillo College; Samuel Tarsitano, Southwest Texas State University; David Tauck, Santa Clara University; Emily Taylor, California Polytechnic State University, San Luis Obispo; James Taylor, University of New Hampshire; John W. Taylor, University of California, Berkeley; Martha R. Taylor, Cornell University; Franklyn Tan Te, Miami Dade College; Thomas Terry, University of Connecticut; Roger Thibault, Bowling Green State University; Kent Thomas, Wichita State University; William Thomas, Colby-Sawyer College; Cyril Thong, Simon Fraser University; John Thornton, Oklahoma State University; Robert Thornton, University of California, Davis; William Thwaites, Tillamook Bay Community College; Stephen Timme, Pittsburg State University; Mike Toliver, Eureka College; Eric Toolson, University of New Mexico; Leslie Towill, Arizona State University; James Trianello, Boston University; Paul Q. Trombley, Florida State University; Nancy J. Trun, Duquesne University; Constantine Tsoukas, San Diego State University; Marsha Turell, Houston Community College; Victoria Turgeon, Furman University; Robert Tuveson, University of Illinois, Urbana; Maura G. Tyrrell, Stonehill College; Catherine Uekert, Northern Arizona University; Claudia Uhde-Stone, California State University, East Bay; Gordon Uno, University of Oklahoma; Lisa A. Urry, Mills College; Saba Valadkhan, Center for RNA Molecular Biology; James W. Valentine, University of California, Santa Barbara; Joseph Venable, Purdue University; Theodore Van Bruggen, University of South Dakota; Kathryn VandenBosch, Texas A&M University; Gerald Van Dyke, North Carolina State University; Brandi Van Roo, Framingham State College; Moira Van Staaden, Bowling Green State University; Sarah VanVickle-Chavez, Washington University, St. Louis; William Velhagen, New York University; Steven D. Verhey, Central Washington University; Kathleen Verville, Washington College; Sara Via, University of Maryland; Frank Visco, Orange Coast College; Laurie Vitt, University of California, Los Angeles; Neal Voelz, St. Cloud State University; Thomas J. Volk, University of Wisconsin, La Crosse; Leif Asbjørn Vøllestad, University of Oslo; Amy Volmer, Swarthmore College; Janice Voltzow, University of Scranton; Margaret Voss, Penn State Erie; Susan D. Waaland, University of Washington; Charles Wade, C.S. Mott Community College; William Wade, Dartmouth Medical College; John Waggoner, Loyola Marymount University; Jyoti Wagle, Houston Community College; Edward Wagner, University of California, Irvine; D. Alexander Wait, Southwest Missouri State University; Claire Walczak, Indiana University; Jerry Waldvogel, Clemson University; Dan Walker, San Jose State University; Robert Lee Wallace, Ripon College; Jeffrey Walters, North Carolina State University; Linda Walters, University of Central Florida; James Wandersee, Louisiana State University; Nickolas M. Waser, University of California, Riverside; Fred Wasserman, Boston University; Margaret Waterman, University of Pittsburgh; Charles Webber, Loyola University of Chicago; Peter Webster, University of Massachusetts, Amherst; Terry Webster, University of Connecticut, Storrs; Beth Wee, Tulane University; James Wee, Loyola University; Andrea Weeks, George Mason University; John Weishampel, University of Central Florida; Peter Wejksnora, University of Wisconsin, Milwaukee; Kentwood Wells, University of Connecticut; David J. Westenberg, University of Missouri, Rolla; Richard Wetts, University of California, Irvine; Matt White, Ohio University; Susan Whittlemore, Keene State College; Murray Wiegand, University of Winnipeg; Ernest H. Williams, Hamilton College; Kathy Williams, San Diego State University; Kimberly Williams, Kansas State University; Stephen Williams, Glendale Community College; Elizabeth Willott, University of Arizona; Christopher Wills, University of California, San Diego; Paul Wilson, California State University, Northridge; Fred Wilt, University of California, Berkeley; Peter Wimberger, University of Puget Sound; Robert Winning, Eastern Michigan University; E. William Wischusen, Louisiana State University; Clarence Wolfe, Northern Virginia Community College; Vickie L. Wolfe, Marshall University; Janet Wolkenstein, Hudson Valley Community College; Robert T. Woodland, University of Massachusetts Medical School; Joseph Woodring, Louisiana State University; Denise Woodward, Pennsylvania State University; Patrick Woolley, East Central College; Sarah E. Wyatt, Ohio University; Grace Wyngaard, James Madison University; Shuhai Xiao, Virginia Polytechnic Institute, Ramin Yadegari, University of Arizona; Paul Yancey, Whitman College; Philip Yant, University of Michigan; Linda Yasui, Northern Illinois University; Anne D. Yoder, Duke University; Hideo Yonenaka, San Francisco State University; Gina M. Zainelli, Loyola University, Chicago; Edward Zalisko, Blackburn College; Nina Zanetti, Siena College; Sam Zeveloff, Weber State University; Zai Ming Zhao, University of Texas, Austin; John Zimmerman, Kansas State University; Miriam Zolan, Indiana University; Theresa Zuchero, Methodist University; Uko Zylstra, Calvin College.

Biologiyanın Əsas Mövzuları, Təkamül və Elmi Araşdırma

1



▲ Şəkil 1.1 Bu çimərlik siçanı (*Peromyscus polionotus*) bizə biologiya haqqında nə öyrədə bilər?

ƏSAS ANLAYIŞLAR

- 1.1 Biologiyanın əsas mövzuları
- 1.2 Əsas Mövzu: Təkamül canlıların vəhdət və müxtəlifliyini izah edir.
- 1.3 Elm müşahidələr əsasında hipotezlərin qurulub sınaqlanmasıdır
- 1.4 Elm əməkdaşlığı və fərqli yanaşmalardan bəhrələnilir



▲ Qitənin sahilədən uzaq hissələrində yaşayan *Peromyscus polionotus* növü siçan. Bu siçanın arxası, yanları və üzü qum təpələrində məskunlaşan həmnöv siçanlarınkı ilə müqayisədə daha tündür.

"Canlı nədir?" Sualına Cavab Axtarışı

Bir siçan üçün Florida sahilləri boyu uzanan ağappaq qum təpələrində, seyrək çimərlik otları arasında gizlənmək heç də asan deyil. Ancaq burada yaşayan *Peromyscus polionotus* növünə aid çimərlik siçanı yaşadığı mühitdən çox seçilməmək üçün xallı ağ xəzə sahibdir (Şəkil 1.1). Bölgənin dərinliklərində eyni növə aid başqa siçanlar da yaşayır. Onların rəngi isə buranın torpağı və bitki örtüyü kimi çox tündür. Həm çimərlik siçanı, həm də qitənin daxilində yaşayan siçanlar üçün xəz rənginin yaşadıkları mühit ilə uyğun olması həyati məsələdir, çünki şahinlər, bayquşlar və digər itigözlü yırtıcılar mütəmadi olaraq ov axtarırlar Bəs bu siçanların rəngi ətrafa necə belə yaxşı uyğunlaşmış, *adaptasiya* olmuşdur?

Yer kürəsində heyrətamiz müxtəliflikdəki canlıların yaradıcısı zamanla dəyişmə prosesi olan *təkamül*dir. Siçanı qoruyan kamuflyaj kimi, canlı orqanizmi öz ətraf mühitinə uyğunlaşdırən adaptasiyalar bu prosesin meyvəsidir. Təkamül biologiya elminin fundamental qanunu, bu kitabın da əsas xətti və ana mövzudur.

Bioloqlar bu gün Yer kürəsinin canlıları haqqında çox şey bilsələr də, bir çox məsələ hələ də sirr olaraq qalmaqdadır. Canlılar haqda suallar vermək və onlara elmi araşdırma yolu ilə cavablar axtarmaq **biologiya** elminin, yəni canlı orqanizmləri öyrənən sahənin əsas fəaliyyətidir. Kicik hüceyrənin necə qartala çevrildiyi, insan beyninin necə işlədiyi, yaxud meşədəki müxtəlif canlıların bir-birilə necə əlaqə qurduğu, yəni canlılar haqqında verilən istənilən sual biologiyanın maraq dairəsinə daxildir. Hər şeydən əvvəl, biologiya həyatın təbiəti, necəliyi haqda bu gün də davam edən çoxşaxəli axtarışdır.

Ən fundamental səviyyədə bu sual dayanır: Həyat nədir? Hətta körpə uşaq belə, bitki və ya pişiyin canlı, daşın, avtomobilin isə cansız olduğunu başa düşür, ancaq həyat dediyimiz anlayışı sadə şəkildə, bir cümləlik tərifə sığdırmaq çətindir. Biz canlı fəaliyyətləri əsasında tanıyıırıq. **Şəkil 1.2**-də canlılarla əlaqələndirilən xassə və proseslərin bəziləri göstərilmişdir.

Şəkil 1.2-dəki bir neçə fotosəkil belə, canlıların sonsuz müxtəlifliyini göstərmək üçün kifayət edir. Bəs bioloqlar bu müxtəliflik və mürəkkəbliyi necə anlayırlar?

Kitabın bu giriş fəslə məhz bu suala cavab vermək üçün ümumi çərçivə yaradır. Fəslin ilk hissəsi müəyyən ümumi anlayışlar ətrafında qurulmuş bioloji «landşaft»ın qusbaxışını mənzərəsini verir. Daha sonra, biologiyanın ana mövzusu olan, həyatın vəhdəti və müxtəlifliyini açıqlayan təkamül mövzusunə qayıdacağıq. Bundan sonra isə, elmi araşdırma mövzusunə keçəcəyik: alimlər təbiət haqqında sualları necə qoyublar və bu suallara necə cavab verməyə çalışıblar. Sonda, elm mədəniyyəti haqqında danışacaq, onun cəmiyyətə necə təsir etdiyindən bəhs edəcəyik.

▼ Şəkil 1.2 Canlıların bəzi xassələri.

▼ **Nizam.** Günəbxanın yaxından çəkilmiş bu fotosunda yüksək dərəcədə nizamlı struktur görürük. Nizam canlı təbiəti səciyləndirən xassələrdən biridir.



▲ **Təkamül adaptasiyası.** Bu cırtadan dəniz atının görünüşü yaşadığı mühitdə gizlənməsinə kömək edir. Bunun kimi adaptasiyalar sayısız-hesabsız nəsildən keçərək, mühit şərtlərinə ən yaxşı uyğunlaşa biləcək irsi xassələrə malik fərdlərin uğurla çoxalması ilə təkamül edir.



▲ **Tənzim.** Bu uzunqulaq dovşan onu əhatə edən hava ilə istilik alış-verişini qulaq damarlarındakı qan axışı vasitəsilə tənzimləyərək bədən temperaturunu sabitləyə bilir.



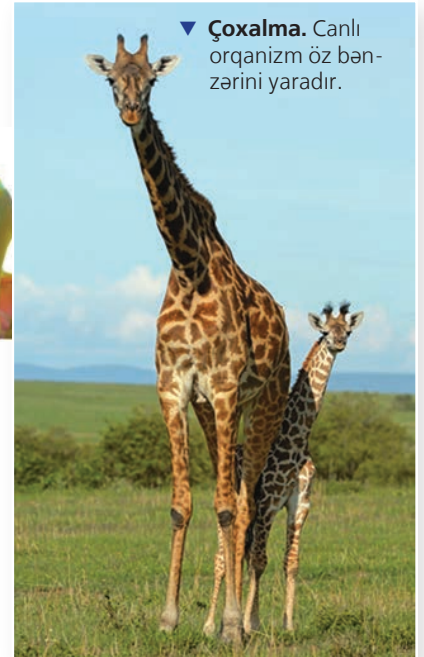
▲ **Enerji emalı.** Bu kəpənəyin yanacağı çiçəklərdən əldə etdiyi nektardır. Kəpənək uçuş və digər işlərdə qıddan aldığı kimyəvi enerjini istifadə edir.



▲ **Böyümə və inkişaf.** Burada ki palıd toxumunda olduğu kimi, canlının valideynlərindən aldığı, genlərdə daşınan irsi informasiya onun böyüməsinə və inkişafına yön verir.



▲ **Xaricdən gələn qıcığa cavab vermək.** Soldakı Venera milçəktutunu ətrafdan gələn qıcığın bir növü olan çayırtkənin onun açıq qapanının üstünə düşməsinə cavab olaraq sürətlə qapanmışdır.



▼ **Çoxalma.** Canlı orqanizm öz bənzərini yaradır.

BAŞLIQ 1.1

Biologiyanın əsas mövzuları

Biologiyanın əhatə dairəsi çox genişdir və maraqlı kəşflərə hər gün yenisi əlavə olunur. Bu əhatə dairəsindəki mövzu müxtəlifliyini və məlumatları ortaqlar bir cərgivəyə necə yerləşdirməli? Diqqəti bu elmin əsas mövzuları ətrafında toplamaq işi asanlaşdıracaqdır.

Canlı həyatın analizinin beş əsas mövzusu bunlardır:

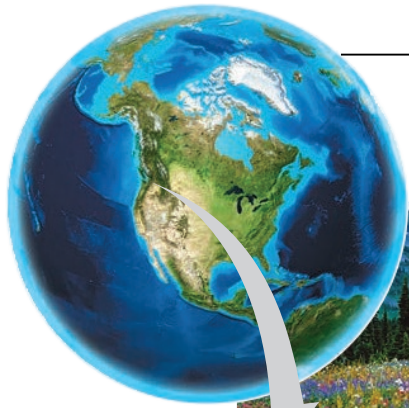
- Quruluş
- İnformasiya
- Enerji və Maddə
- Qarşılıqlı Əlaqə
- Təkamül

İndisə hər mövzuya ayrı-ayrılıqda qısaca göz ataq.

▼ Şəkil 1.3 Bioloji Quruluş Səviyyələrinə Səyahət

◀1 Biosfer

Kosmosdan belə canlı təbiətin izləri görünür. Məsələn, meşələrin əmələ gətirdiyi nəhəng yaşıl ləkələr Yer kürəsindəki canlılığın əlamətidir. Əslində, buradan bütün **biosfer** – Yerin bütün canlıları və onların yaşadığı yerlər görünür. Quru və su hövzələrinin böyük hissəsi, yerdən bir neçə kilometr yüksəkliyə qədər atmosfer, hətta səthindən okeanın ən dərin çöküntülərinə qədər uzanan hər yer biosferi təşkil edir.



◀2 Ekosistem

İyerarxik piramidada ilk dayanacağımız tropik meşə, otlaq, çöl və mərcan rifləri kimi ekosistem örnəklərindən biridir: Şimali Amerikada bir dağ çəmənliyi. Ekosistem bəlli ərazidə yaşayan bütün canlılar və onlarla qarşılıqlı əlaqədə olan torpaq, su, atmosfer qazları, işıq kimi cansız mühitdən ibarətdir.



▶3 İcma

Bəlli bir ekosistemdə yaşayan orqanizmlərin cəminə bioloji **icma** deyilir. Buradakı çəmənlik ekosistemi icmasında cürbəcür bitki, heyvan, göbələk və kiflə yanaşı, adi gözlə görünməyən sonsuz müxtəliflikdə bakteriya və bənzər mikroorqanizmlər yaşamaqdadır. Bu canlıların hər biri bəlli bioloji növə, yəni yalnız bir-birilə cütləşib çoxala bilən müəyyən bir qrupa daxildir.



▶4 Populyasiya

Populyasiya bir növə aid olub, bəlli ərazidə yaşayan bütün fərdləri əhatə edir. Məsələn, buradakı çəmənlikdə acıxaxla çiçəyi və maral yaşayır. İcmanın tərifini müəyyən bir ərazidə məskunlaşmış populyasiyalar bütünü şəklində də vermək olar.



▲5 Orqanizmlər

Canlı təbiətin bir fərdi orqanizm adlanır. Bu çəmənlikdəki hər bitki bir orqanizmdir; həmçinin hər heyvan, hər göbələk və hər bakteriya bir orqanizmdir.



Mövzu: Bioloji quruluşun səviyyələri ilə qalxdıqca, hər yeni pillədə yeni yaranan xassə özünü göstərir

QURULUŞ Yer kürəsindəki həyatın öyrənilməsi canlı orqanizmi əmələ gətirən mikroskopik ölçülərdəki molekul və hüceyrələrdən, yaşayan bütöv planetə qədər uzanır. Bioloqlar bioloji quruluşun bu ucsuz-bucaqsız spektrini fərqli səviyyələrə bölürlər. **Şəkil 1.3** kosmosdan başlayaraq dağ çəmənliyinin canlı dünyasını mərhələ-mərhələ təsvir edir. Bu səyahət addım-addım bioloji quruluş iyerarxiyasını vurğulayır.

Bioloji iyerarxiyanın quruluş səviyyələri ilə aşağı enmək *reduksionizm* adlanan yanaşmanı təmsil edir. Yanaşmanın belə adlandırılmasının səbəbi, mürəkkəb sistemləri daha asan öyrənilə bilən, daha sadə sistemlərə “reduksiya” (ing. *reduce* kiçiltmək, endirmək) etməsi, yaxud “endirmə”sidir. Reduksionizm biologiyada əhəmiyyətli yer tutur. Məsələn, James Watson və Francis Crick hüceyrədən götürdüləri DNA-nın molekulyar quruluşunu öyrənərək bioloji irsiyyətin kimyəvi əsaslarını kəşf etmişdirlər. Reduksionizm çox sayda böyük kəşflərə yol açmışdır. Ancaq növbəti hissədə bəhs edəcəyimiz kimi, bu yanaşmanın təbii olaraq, Yer kürəsindəki həyatla bağlı formalaşdırdığı təsəvvür natamamdır.

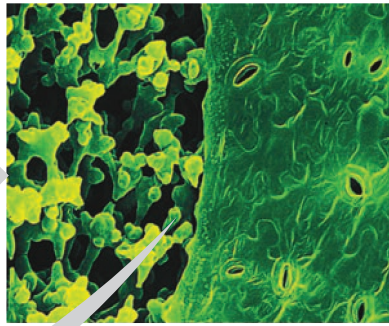
▼ 6 Orqan

Mürəkkəb orqanizmin memari quruluş pillələri ilə aşağı doğru endikcə, iyerarxik struktur özünü göstərməyə davam edir. Yarpaq orqanizmin bədənində birdən çox toxumadan ibarət spesifik funksiyası olan, orqan adlanan parçaya bir nümunədir. Yarpaq, gövdə və kök bitkinin əsas orqanlarıdır. Orqanın içindəki hər toxumanın özünəməxsus düzlüyü var və orqanın funksiyasında spesifik rol oynayır.



▼ 7 Toxuma

Yarpağın hər hansı toxumasını görmək üçün mikroskopa ehtiyac var. Toxuma orqanizmdəki bir qrup hüceyrənin birlikdə işləyərək bəlli funksiya yerinə yetirən hissəsidir. Yandakı yarpaq bucaq altında kəsilmişdir. Şəkilin sol hissəsindəki arı pətəyinə



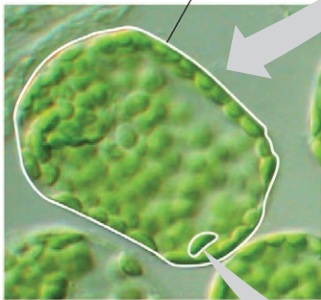
bənzərən toxuma işıq enerjisinin şəkərdəki kimyəvi enerjiyə çevrildiyi fotosintez prosesinin baş verdiyi əsas yerdir. Sağdakı iç-içə girmiş naxışları olan dəriyəbənzər toxuma isə epidermis adlanır. Şəkar istehsalında xammaddə olan CO₂, epidermisdəki dəliklərdən yarpağın içinə daxil olur.

Hüceyrə 10 µm

50 µm

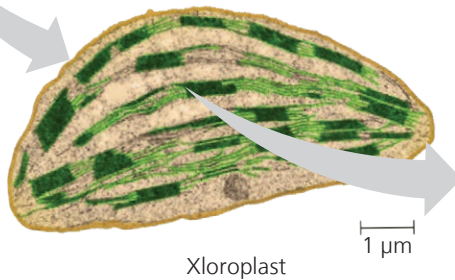
► 8 Hüceyrə

Hüceyrə struktur və funksiya baxımından canlı həyatın ən təməl vahididir. Bəzi orqanizmlər bütün funksiyaların yerinə yetirildiyi tək bir hüceyrədən ibarətdir. Digərləri çoxhüceyrəlidir və iş ixtisaslaşmış hüceyrə növləri arasında bölünür. Yarpaq toxumasının böyüdülmüş görüntüsündəki bu hüceyrənin eni təxminən 40 mikrometrdır (µm). 500 hüceyrə bir qəpiyin diametr xəttini doldura bilər. Bu kiçik hüceyrələrin içində onlardan da balaca yaşıl parçacıqlar, fotosintez prosesini aparan xloroplastlar yerləşir.



▼ 9 Orqanel

Orqanellər hüceyrənin içində müxtəlif funksiyalar yerinə yetirən bölmələrdir. Onlardan biri olan xloroplastı güclü mikroskop vasitəsilə çəkilmiş aşağıdakı görüntüdə görmək mümkündür.

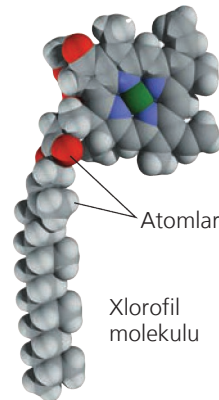


Xloroplast

1 µm

▼ 10 Molekul

Son dayanacaq həyatın molekulyar səviyyəsində yerləşən xlorofildir. Bir molekul atom adlanan vahidlərin ən az ikisindən ibarət olan kimyəvi strukturdur. Atomlar burada göstərilən kompüterlə qurulmuş şəkildə top formasındadır. Xlorofil yarpağın yaşıl olmasına səbəb olan,



fotosintez prosesində günəş işığını udan pigmentdir. Xloroplastın içindəki milyonlarla xlorofil molekulu bəlli bir sistem daxilində işıq enerjisini qidanın kimyəvi enerjisə çevirir.

Atomlar

Xlorofil molekulu

Yaranan Xassə

İndisə Şəkil 1.3-ə tərsdən baxaq; molekulyar səviyyədə başlayaraq yuxarı çıxaq. Beləcə, pillələri qalxdıqca ortaya çıxan yeni xassələri təyin etmək imkanı yaranacaqdır. **Yaranan xassə** mürəkkəblilik artdıqca, sistemin parçaları arasında əmələ gələn qarşılıqlı əlaqə və quruluşun nəticəsidir. Məsələn, fotosintez bütün xloroplastda işləyir, ancaq sınaq şüşəsində təsadüfi şəkildə yerləşən xlorofil və digər molekul qarışığında həyata keçməyəcəkdir. Fotosintez kimi koordinasiyalı proses bu molekulların xloroplast içində xüsusi şəkildə düzülməsinə tələb edir. Reduksionist yanaşmanın əsas subyekti olan canlı sistemlərin təcrid olunmuş ayrı-ayrı hissələrində, üst quruluş səviyyələrində ortaya çıxan bir sıra önəmli xassə çatışmır.

Yaranan xassə canlı həyat ilə məhdudlaşmır. Velosiped hissələriylə dolu qutu ilə heç yerə gedə bilməzsiz, ancaq bəlli şəkildə düzüldükdə, istədiyiniz yerə pedallaya bilərsiniz. Lakin bioloji sistemlər belə, cansız sistemlərlə müqayisədə dəfələrlə mürəkkəbdir və buna görə də həyatın yaranan xassələrini öyrənmək xüsusilə çətindir.

Yaranan xassələri dərinlən anlamaq üçün, bu gün bioloqlar reduksionizmi bioloji sistemlərin hissələri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri öyrənən sistem biologiyası sahəsi ilə birləşdirirlər. Buradakı mənası ilə sistem bir yarpaq ola biləcəyi kimi, bir qurbağa, qarışqa sürüsü, yaxud səhra ekosistemi də ola bilər. **Sistem biologiyası** bir-birini tamamlayan şəbəkə şəklində qurulmuş parçaların dinamik davranışını öyrənib modelləşdirərək yeni suallar verməyə imkan yaradır. Məsələn, bədənimizdəki molekullararası əlaqədən yaranan şəbəkələr 24 saatlıq yuxu və oyaqlıq dövrünü necə yaradır? Daha iri miqyasda, atmosferdəki karbon dioksidin tədrici artımı ekosistemləri və biosferi necə tamamilə dəyişdirir? Sistem biologiyası canlı həyatın bütün səviyyələrini öyrənmək üçün istifadə oluna bilər.

Struktur və Funksiya

Bioloji iyerarxiyanın hər bir səviyyəsində struktur ilə funksiyanın yaxın əlaqəsini görürük. Şəkil 1.3-dəki yarpağın nazik və yastı olması, onun günəş işığını xloroplast vasitəsilə udmasını maksimallaşdırır. Bütün canlı formalarında bu cür struktur-funksiya əlaqəsi mövcud olduğu üçün müəyyən bioloji strukturun öyrənilməsi onun nə etdiyi və necə işlədiyi haqda da çoxlu məlumat verir. Eyni şəkildə, bir şeyin funksiyasını bilmək onun struktur və quruluşu ilə bağlı fikir yaradır.

Heyvanlar aləmində struktur və funksiya arasındakı qarşılıqlı əlaqəni göstərən sayısız nümunə mövcuddur. Məsələn, kolibri quşunun anatomiyası qanadlarının çiyin ətrafında fırlana



bilməsinə imkan verir, beləliklə, sadəcə onlara məxsus olan geriye doğru uçmaq və havada bir yerdə durmaq bacarığına malikdirlər. Bu quşlar havada asılı halda duraraq nazik, uzun dimdiklərini gülün içinə uzadırlar və oradakı nektar ilə bəslənirlər. Canlı təbiətin struktur ilə funksiyası arasındakı bu zərif uzlaşmanı təbii seçmə izah edir. Bu haqda irəlidə danışacağıq.

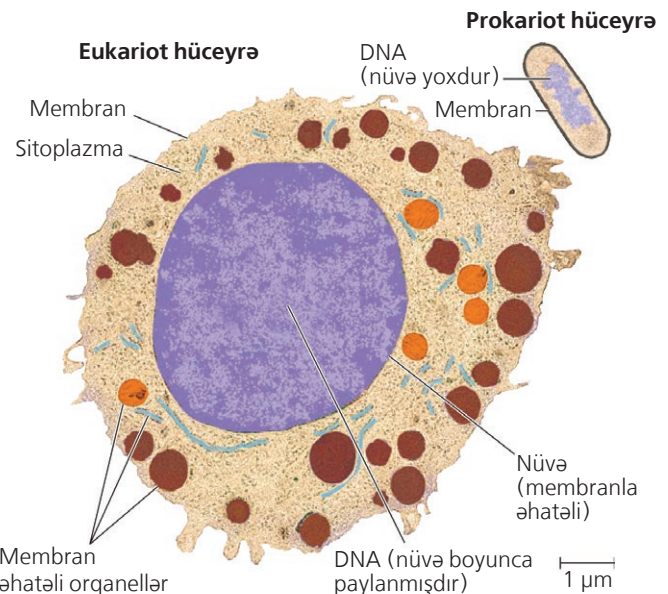
Hüceyrə: Orqanizmin Struktur və Funksiyasının Təməl Vahidi

Hüceyrə canlı təbiətin struktur iyerarxiyasında canlı üçün tələb olunan bütün proseslərin həyata keçirilə bildiyi ən kiçik quruluş vahididir. Hüceyrə nəzəriyyəsi 1800-cü illərdə, bir çox alimin müşahidələrinə əsasən ortaya çıxmışdır. Nəzəriyyəyə görə, bütün canlı orqanizmlər həyatın ən təməl vahidi olan hüceyrədən ibarətdir. Həqiqətən də, orqanizmin bütün fəaliyyəti hüceyrənin funksiyasından asılıdır. Məsələn, bu sətirləri oxuyarkən, gözlərinizin hərflər üzərində gəzişməsi əzələ və neyron hüceyrələrinin fəaliyyətinin nəticəsidir. Karbon atomu dövrəsi kimi global miqyasda baş verən hadisələr belə, yarpaq xloroplastlarında baş verən fotosintez kimi, hüceyrəvi fəaliyyətlərdən asılı ola bilər.

Bütün hüceyrələr bəlli orqanizmə məxsusdur. Məsələn, hüceyrələrin hamısı ətraf mühit ilə maddə alış-verişini tənzimləyən membran ilə əhatələnib. Bunlarla yanaşı, iki əsas növ hüceyrə mövcuddur: prokariot və eukariot. Tək bir hüceyrədən ibarət olan iki qrup mikroorqanizm, bakteriya və arxeya prokariot canlılardır. Qalan bütün canlılar, o cümlədən, heyvan və bitkilər eukariotik hüceyrələrdən ibarətdir.

Şəkil 1.4 Eukariot və prokariot hüceyrələrin ölçü və mürəkkəblilik baxımından müqayisəsi.

Hüceyrələrin nisbi ölçüləri həqiqidir. Prokariot hüceyrənin daha çox böyüdülmüş variantı üçün Şəkil 6.5-ə bax.



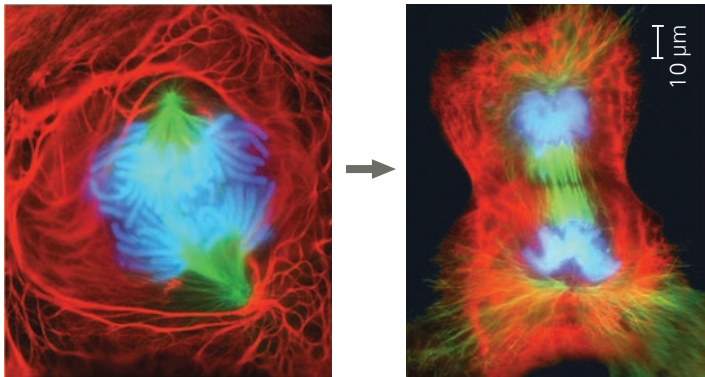
VİZUAL BACARIQ > Miqyas xəttinin uzunluğunu ölçərək prokariot hüceyrənin həqiqi uzunluğunu hesablayın. Daha sonra eukariot hüceyrənin ən böyük diametrini hesablayın.

Eukariot hüceyrə membranla əhatəli orqanellərə malikdir (**Şəkil 1.4**). DNA ehtiva edən bəzi orqanellər, eynilə nüvə kimi, eukariot hüceyrələrin hamısında mövcuddur. Digər orqanellər müvafiq hüceyrə növünə xarakterikdir. Məsələn, xloroplast ancaq fotosintezedici eukariot hüceyrələrə məxsusdur (**Şəkil 1.3**). Eukariot hüceyrənin əksinə, **prokariot hüceyrə** nüvə və digər membran əhatəli orqanellərdən məhrumdur. Bundan əlavə, prokariot hüceyrə adətən eukariot hüceyrədən daha kiçik olur (**Şəkil 1.4**).

Mövzu: Həyatın Əsas Vəzifələrindən Biri Genetik İnformasiyanın Ekspressiyası və Ötürülməsidir

İNFORMASIYA Hüceyrənin genetik materialı xromosom adlanan strukturların içində **dezoksiribonuklein turşusu (DNA, ing. deoxyribonucleic acid)** şəklində qorunub saxlanır. Bölməyə hazırlaşan hüceyrədəki xromosomları DNA-ya bağlandığında mavi rəngə çevrilən boya ilə görmək mümkündür (**Şəkil 1.5**).

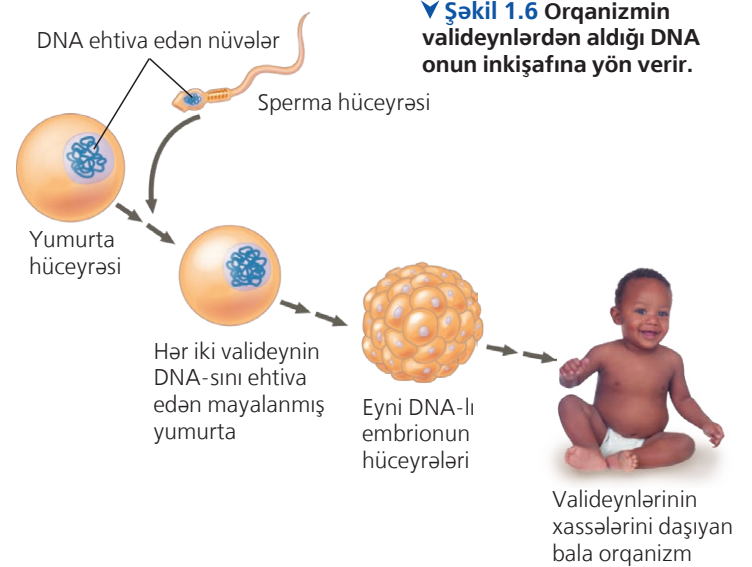
▼ **Şəkil 1.5** Ağciyər hüceyrəsi iki kiçik hüceyrəyə bölünür. Əmələ gələn hüceyrələr böyüyüb yenidən bölünəcəkdir.



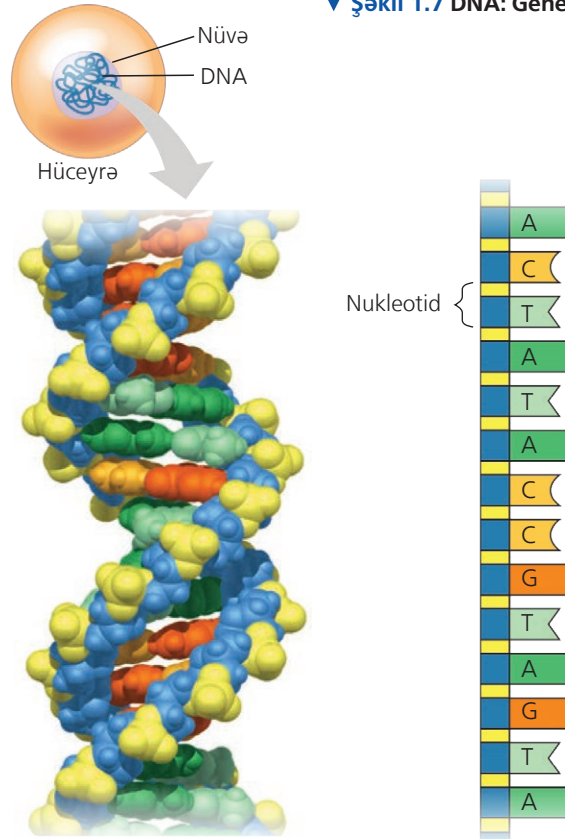
DNA – Genetik Maddə

Hüceyrə bölünməzdən əvvəl, ilk olaraq DNA özünü replikasiya edir, yəni ikiləşdirir və əmələ gələn iki bala hüceyrənin hər biri valideynindəki ilə tamamilə eyni olan bir dəst xromosoma yiyələnir. Bir xromosomun içində yalnız bir ədəd uzun DNA olur. Bu DNA-ların hər biri yüzrlərlə, hətta minlərlə **gen** adlanan parça ehtiva edir. Nəsildən-nəslə ötürülən genlər irsi informasiyanın təməl vahididir. Genlər hüceyrədə sintez olunan bütün molekulların inşası üçün lazım olan informasiyanı kodlaşdırır. Bu molekullar da öz növbəsində, hüceyrənin kimlik və funksiyasını təyin edir. Hər bir insanın həyatı valideynlərindən irsən aldığı DNA molekullarını ehtiva edən tək bir hüceyrə ilə başlayır. Hər hüceyrə bölünməsindən əvvəl DNA surətinin çıxarılması nəticəsində bədənini öz əmələ gətirən trilyonlarla hüceyrənin hər birinə bu DNA-nın bir nüsxəsi düşür. Hüceyrələr böyüyüb çoxalarkən, DNA-dakı informasiya orqanizmin inkişafını yönləndirir (**Şəkil 1.6**).

DNA molekulunun strukturu, onun informasiya daşıyıcısı kimi fəaliyyətinin əsasını təşkil edir. DNA ikiqat spiral şəklində burulmuş iki uzun zəncirdən, onlar isə nukleotid adlanan dörd növ (A, T, G və C) təməl kimyəvi



▼ **Şəkil 1.7** DNA: Genetik maddə



bloklardan ibarətdir (**Şəkil 1.7**). Bu dörd nukleotidin spesifik ardıcılıqla düzülüşü gendəki informasiyanı kodlaşdırır. DNA-nın informasiya kodlaşdırma tərzini bizim əlifbanın hərflərindən sözlər düzəldərək onlara bəlli mənalar yükləməyimizə bənzəyir. Məsələn, *kas* sözü kəsmə əməliyyatını ifadə edərkən, eyni hərflərdən ibarət *aks* və *sək* (səkmək) sözləri isə tamamilə başqa mənə verir. Nukleotidləri dörd hərflə əlifba kimi təsəvvür etmək olar.

Bir çox gen protein istehsalında ilkin çertyoj vəzifəsi daşıyır. Məsələn, bir bakteriya geni şəkər molekulunu parçalamaq üçün protein kodlaşdırdığı halda, başqa bir insan geni infeksiya ilə mübarizə aparmaq üçün anticisim kodlaşdırır. Ümumiyyətlə, proteinlər hüceyrənin inşa və fəaliyyətində mərkəzi rol oynayır.

Protein kodlaşdırıcı genlər protein istehsal prosesini dolayı yolla, RNA adlanan ara molekul vasitəsilə idarə edir (**Şəkil 1.8**). Gen boyu düzülmüş nukleotid ardıcılığı əvvəlcə mRNA molekuluna köçürülür, sonra isə aminturşu adlanan təməl vahidlərdən ibarət proteinə tərcümə edilir. Proses tamamlandıqda aminturşu zənciri özünəməxsus forma və funksiyaya malik xüsusi protein əmələ gətirir. Gendəki informasiyanın hüceyrəvi məhsula çevrilmə prosesi bütövlükdə **gen ekspressiyası** adlanır.

Bütün canlılar genin ekspressiyası üçün demək olar ki, eyni genetik koddan istifadə edirlər, yəni bəlli nukleotid ardıcılığının mənası orqanizmlər arasında dəyişmir. Canlı orqanizmlər arasındakı fərq, əsasən onların genetik kodlarındakı fərqdən yox, nukleotid ardıcılığının fərqli olmasından qaynaqlanır. Genetik kodun bu şəkildə universal olması bütün canlıların bir-biriylə yaxından əlaqəli olmasının əsaslı dəlilidir. Müəyyən bir proteini kodlayan genin müxtəlif orqanizmlərdəki ardıcılıqlarını müqayisə edərək, həm proteinin özü, həm də növlərin qohumluğu haqqında dəyərli informasiya əldə etmək olar.

Şəkil 1.8-də göstərilən mRNA proteinə tərcümə olunur, ancaq bütün RNA molekulalarının sonu belə olmur. Məsələn, bir neçə on ildir ki, bəzi RNA növlərinin protein sintezi aparatının tərkib hissəsi olduğu elmə məlumdur. Son zamanlarda alimlər protein kodlaşdırıcı gen fəaliyyətinin tənzimində və bir sıra başqa prosesdə iştirak edən yeni RNA növləri kəşf etmişdirlər. Bu RNA-ları da genlər kodlaşdırır, həmçinin bu molekulaların istehsalı da gen ekspressiyası anlayışına daxildir. DNA protein və RNA-ların istehsalı üçün lazım olan informasiyanın daşıyıcısıdır və hər hüceyrə bölünməsində sürətinin çıxarılması ilə genetik informasiyanın nəsilə-nəslə dəyişmədən ötürülməsini təmin edir.

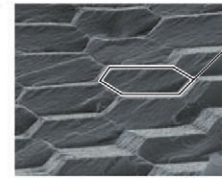
Genomika: DNA Ardıcılıqlarının Genişmiqyaslı Analizi

Bir orqanizmin valideynlərindən irsən aldığı genetik təlimatların cəminə **genom** deyilir. Tipik insan hüceyrəsi bir-birinə bənzər iki dəst xromosoma malikdir və bu dəstlər təxminən 3 milyard nukleotid cütündən qurulmuş DNA-dan ibarətdir. Bu nukleotidlər tək hərflə

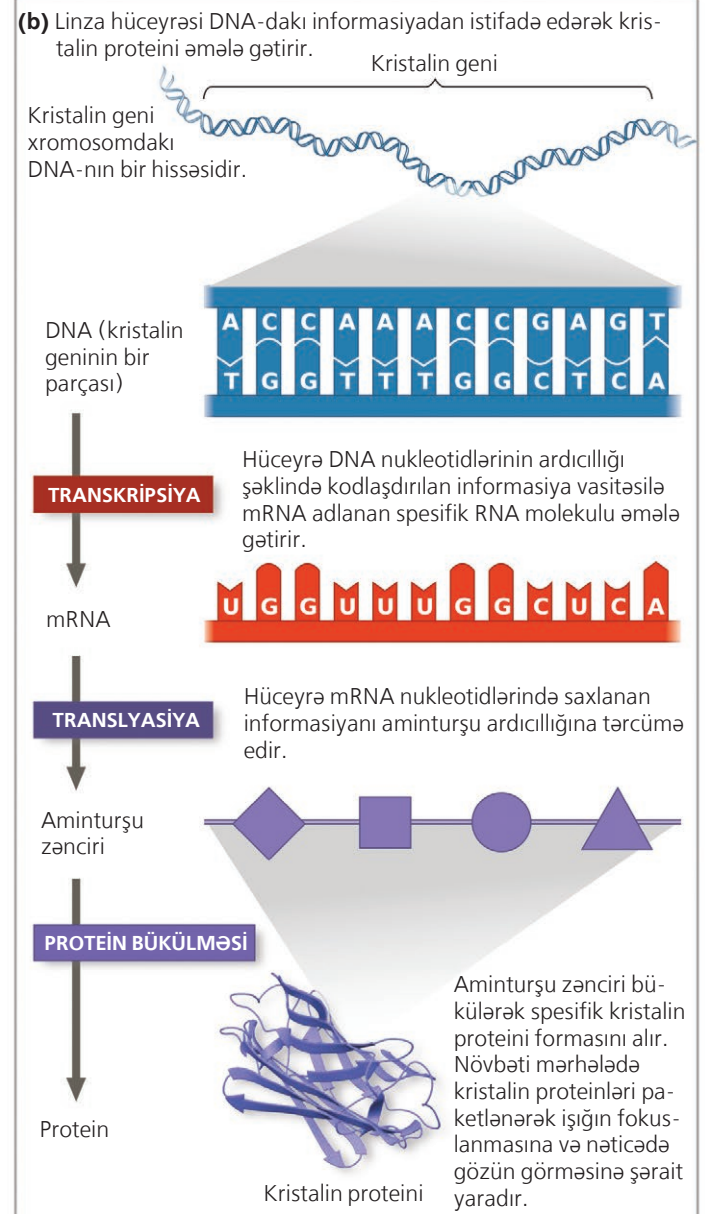
Şəkil 1.8 Gen ekspressiyası: Hüceyrə gendə saxlanılan informasiya əsasında funksional protein istehsal edir.



(a) Göz bəbəyinin arxasında yerləşən göz linsası işığı fokuslaya bilər, çünki linza hüceyrələri kristalin adlanan şəffaf proteinin sıx şəkildə yan-yanıya düzülməsi ilə əmələ gəlmişdir. Bəs hüceyrə kristalin proteinini necə istehsal edir?



Linza hüceyrəsi



qısaltmalar olaraq qarşınızdakı biologiya dərslisinin hərfləri böyüklüyündə çap olunsa, bütün genomun mətni bunun kimi 700 ədəd kitabı doldurar.

1990-cı illərdən bu yana ortaya çıxan inqilabi texnoloji yeniliklər genom ardıcılığını təyin etmə işlərini dəfələrlə sürətləndirmişdir. Hazırda bir növün nümunəvi fərdini təmsil edən bütün nukleotid ardıcılıqlarının cəmi olan genom ardıcılığı, insan daxil olmaqla, bir çox heyvan, bitki, göbələk, bakteriya və arxeyalar üçün aşkar edilmişdir. Genom ardıcillama layihələrindən qaynaqlanan informasiya selini və bilinən gen funksiyalarının gün keçdikcə böyüyən kataloqlarını anlamaq üçün alimlər hüceyrə və molekul səviyyəsində sistem biologiyası yanaşması olaraq bilinən metodu tətbiq edirlər. Gen və DNA-nın digər hissələrini tək-tək araşdırmaqdan, dəstlər halında bir, yaxud daha çox növdə tədqiq edirlər. Bu yanaşma **genomika** adlanır. Bənzər şəkildə, **proteomika** termini protein dəstlərinin tədqiq olunduğu elmdir. (Bəlli hüceyrə, toxuma, yaxud orqanizm tərəfindən istehsal olunan proteinlərin toplusuna **proteom** deyilir).

Araşdırma texnologiyaları sahəsində atılan üç böyük addım genomika və proteomika yanaşmalarının tətbiqinə imkan yaratmışdır. Bunlardan biri çox sayda bioloji nümunəni sürətli şəkildə analiz edə bilən yüksək məhsuldarlığa malik (ing. *high throughput*) texnologiyalardır. İkinci böyük addım bu nəhəng informasiya yığını saxlamaq, təşkil etmək, sinifləndirmək və analiz etmək üçün kompüter vasitələrini yaradan **bioinformatika** adlı yeni elmin inkişafıdır. Üçüncü yenilik kompüter mütəxəssislərinin, riyaziyyatçı, mühəndis, kimyaçı, fizik və əlbəttə ki, bioloq kimi müxtəlif elm sahələrində işləyən mütəxəssislərin yaxın əməkdaşlığına imkan yaranan interdisiplinar araşdırma komandalarının qurulmasıdır. Bu araşdırma qruplarındakı alimlərin məqsədi bütöv

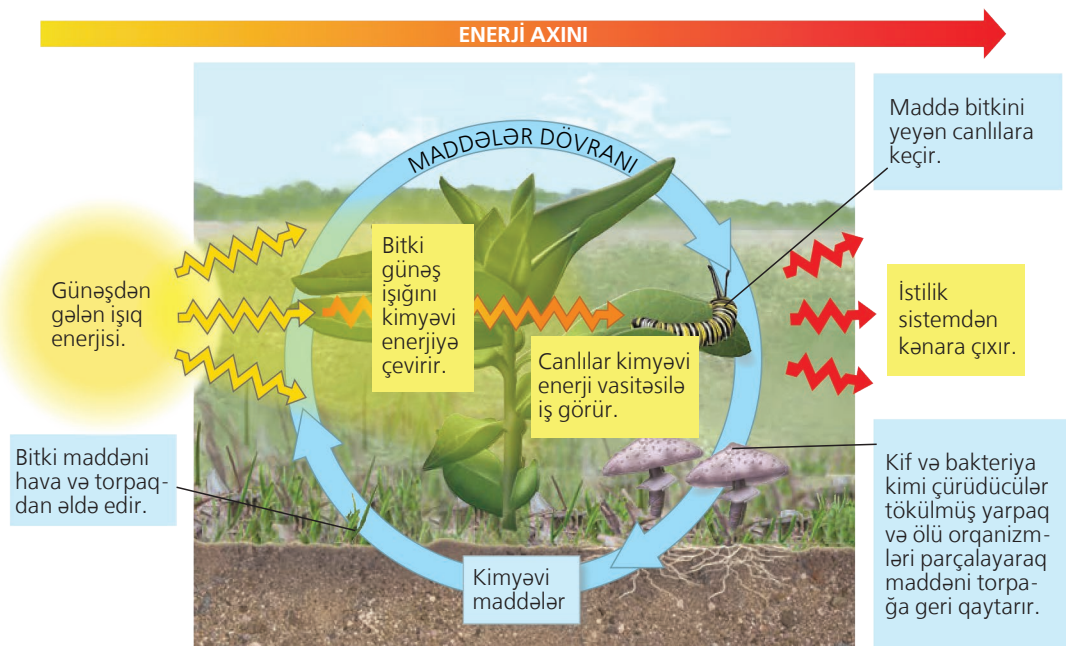
orqanizm və hüceyrələrdə DNA tərəfindən istehsal olunan protein və RNA-ların bütövlükdə koordinasiyalı şəkildə necə işlədiyini başa düşməkdir.

Mövzu: Həyat Maddə və Enerjinin Daşınması və Çevrilməsi Proseslərindən Asılıdır

ENERJİ VƏ MADDƏ Canlının ən fundamental xassələrindən biri həyat fəaliyyətlərini davam etdirə bilmək üçün enerji istifadə etməsidir. Hərəkət, böyümə, çoxalma və həyatın digər müxtəlif hüceyrəvi fəaliyyətləri işdir; iş isə enerji tələb edir. Həyat çox hissəsi Günəş qaynaqlı olan bu enerjinin bir haldan digərinə çevrilmə prosesi nəticəsində mümkün olmaqdadır (**Şəkil 1.9**). Bitki Günəş işığını udaraq, ondakı enerjini fotosintez vasitəsilə, kimyəvi enerji olaraq şəkər kimi qida maddələrinin içinə həbs edir. Işıq enerjisini kimyəvi enerjiyə çevirən bitki və digər fotosintetik orqanizmlər **istehsalçı** canlılar adlanır. İstehsalçıların enerjisi buradan birbaşa digər orqanizmlər və yaxud onların qalıqlarıyla bəslənən **istehlakçı** canlılara keçir (məsələn, heyvanlara).

Orqanizm əzələ yığılması, yaxud hüceyrə bölünməsi kimi işləri görmək üçün kimyəvi enerji istifadə etdikdə, enerjinin bir hissəsi ətrafa yayılır, istilik olaraq itirilir. Nəticədə, enerji ekosistemdə *bir istiqamətdə axır*: işıq olaraq daxil olur, istilik şəklində çıxır. Kimyəvi maddələr isə ekosistemin *ichində dövrə vurur*, təkrar-təkrar istifadə olunur (**Şəkil 1.9**). Bitkinin hava, yaxud torpaqdan əldə etdiyi maddə, onun gövdəsinin tərkibinə keçir və daha sonra bitkini yeyən heyvanın vücuduna daxil olur. Son mərhələdə bu kimyəvi maddələr tullantı maddələrini, yarpaq və ölü canlıları parçalayan bakteriya və göbələk kimi çürüdücülər vasitəsilə yenidən ətraf mühitə qaytarılır.

► Şəkil 1.9 Enerji axını və kimyəvi dövrən. Ekosistemdə enerji axını bir yöndə hərəkət edir: bitki fotosintez ilə günəş işığından aldığı enerjini kimyəvi enerjiyə (şəkər kimi qida molekullarında saxlayaraq) çevirir. Bu enerji bitkinin özü, yaxud digər orqanizmlər tərəfindən iş görmək üçün istifadə olunur və sonda hamısı istilik olaraq ekosistemdən kənar edilir. Kimyəvi maddə isə bunun əksinə, canlı orqanizmlər ilə cansız mühit arasında davamlı şəkildə dövr edir.



Mövzu: Molekullardan Ekosistemə Qədər, Qarşılıqlı Əlaqə Bioloji Sistemdə Böyük Əhəmiyyətə Malikdir

QARŞILIQLI ƏLAQƏ Bioloji iyerarxiyanın istənilən səviyyəsində sistemin parçaları arasındakı qarşılıqlı əlaqə bir bütün olaraq sistemin işləməsini təmin edir. Bu fakt hüceyrədəki molekul üçün olduğu qədər, hər hansı ekosistemin parçaları üçün də doğrudur; hər ikisi nümunə olaraq kitabda verilmişdir.

Molekullar: Orqanizmin İçindəki Qarşılıqlı Əlaqələr

Quruluşun aşağı pillələrində, orqanizmi əmələ gətirən parçalar — orqan, toxuma, hüceyrə və molekullar arasındakı qarşılıqlı əlaqə, bu parçaların maneəsiz şəkildə işləməsi üçün vacibdir. Məsələn, qandakı şəkər səviyyəsinin tənzimini ələ alaq. Bədəndəki hüceyrələr iki əks prosesi — şəkərin parçalanması və ehtiyat olaraq saxlanması — tənzimləyərək yanacağa (şəkərə) olan tələb və təklifi eyni səviyyədə saxlamalıdır. Burada əsas məqam bir çox bioloji prosesin özünü tənzimləmədə istifadə etdiyi əks-əlaqə mexanizmidir.

Əks-əlaqə tənzimi nəticə, yaxud məhsulun özünü əmələ gətirən prosesi tənzimlədiyi mexanizmdir. Canlılarda ən çox təsadüf olunan tənzim növü nəticənin ilkin qıcığını azaldan *mənfi əks-əlaqə* tipidir. Yemək yedikdən sonra qanda qlükoza şəkərinin səviyyəsinin artması mədəaltı vəzi hüceyrələrinin insulin ifraz etməsinə səbəb olur (**Şəkil 1.10**). Bu da, öz növbəsində, bədən hüceyrələrinin qlükoza əldə etməsinə, qaraciyər hüceyrələrinin isə ehtiyat üçün yığılmasına gətirib çıxarır; nəticədə, qandakı qlükoza səviyyəsi düşür. Bu, insulin ifrazına yol açan qıcığı aradan qaldıraraq biokimyəvi yolu bağlayır.

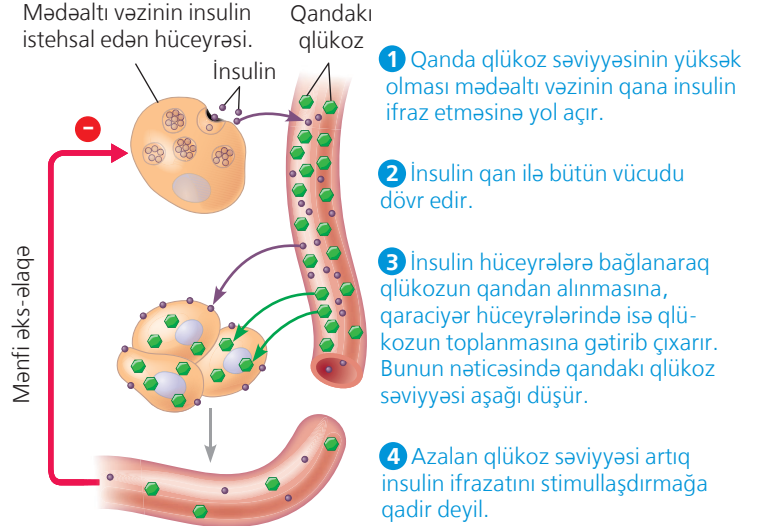
Beləliklə, məhsul onu əmələ gətirən prosesi mənfi şəkildə tənzimləyir.

Mənfi əks-əlaqə qədər çox olmasa da, *müsbət əks-əlaqə* mexanizmi ilə tənzimlənən bioloji proseslər də mövcuddur: burada məhsul onu əmələ gətirən prosesi *sürətləndirir*. İnsan qanının yaralanmaya cavab olaraq laxtalanması bu mexanizmə bir nümunədir. Qan damarı zədələndiyi zaman trombosit adlanan parçalar zədə alan bölgəyə yığılmağa başlayır. Müsbət əks-əlaqəni trombositlər tərəfindən buraxılan kimyəvi maddənin yeni trombositlər cəzb etməsində görə bilərik. Trombosit toplanması mürəkkəb proseslər zəncirinə təkan verir və yara laxta ilə örtülür.

Ekosistem: Orqanizmin Başqa Canlılar və Cansız Mühit ilə Qarşılıqlı Əlaqəsi

Ekosistem səviyyəsində bütün orqanizmlər bir-birilə əlaqədədir. Məsələn,

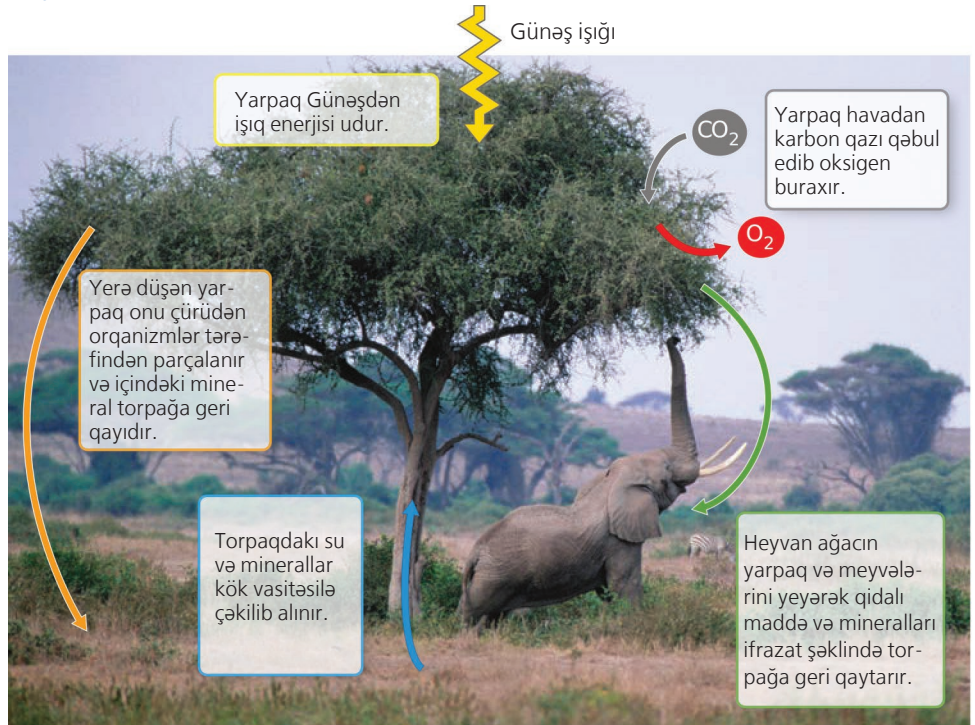
Şəkil 1.10 Əks-əlaqə tənzimi. İnsan bədəni əsas yanacaq olan qlükozanın istifadəsini və ehtiyat saxlanması tənzimləyir. Təsvirdə mənfi əks-əlaqə nümunəsi kimi insulinə cavab olaraq ilkin stimulun azalması təsvir olunur.



VİZUAL BACARIQ ➤ Burada insulinə cavab nədir? Cavabın azaldığı ilkin qıcıq hansıdır?

akasiya ağacı öz kökündə məskən salan torpaq mikroorqanizmlərlə, üzərində yaşayan həşəratlarla və yarpağı, meyvəsi ilə bəslənən heyvanlarla qarşılıqlı əlaqə qurur (**Şəkil 1.11**). Canlılar arasındakı qarşılıqlı əlaqədə hər iki tərəf faydalana, biri faydalanarkən, digəri zərər görə, yaxud hər iki tərəf zərər görə bilər. “Süpürgəçi” balığın tısbağanın üstündəki parazitləri yeməsi qarşılıqlı fayda, pələngin zebri ovlayaraq yeməsi isə növlərdən birinin fayda, digərinin zərər görməsinə nümunədir. İki bitkinin torpaqdakı məhdud resurs üçün rəqabət aparması isə qarşılıqlı əlaqənin hər iki tərəfə ziyan

Şəkil 1.11 Afrika akasiyasının digər orqanizmlər və fiziki mühit ilə qarşılıqlı əlaqəsi.



vurmasının örnəyidir. Canlılar arasındakı qarşılıqlı əlaqə ekosistemin bütövlükdə tənzimlənməsinə kömək edir.

Hər canlı, eyni zamanda ətraf mühitdəki fiziki şeylərlə də qarşılıqlı əlaqədədir. Məsələn, ağac yarpağı işığı günəşdən alır, karbon dioksidi havadan udur, oksigeni isə havaya buraxır (Şəkil 1.11). Öz növbəsində, ətraf mühit də canlıların təsirinə məruz qalır. Məsələn, bitki torpaqdan su və mineral almaqla yanaşı, böyüdükcə kökü daşları parçalayır və torpağın əmələgəlmə prosesinə kömək edir. Qlobal miqyasda nümunə isə, atmosferdə mövcud olan bütün oksigenin bitki və digər fotosintetik canlılar tərəfindən istehsal olunmasıdır.

Digər canlılar kimi, biz insanlar da ətraf mühitimizlə qarşılıqlı əlaqə qururuq və bu əlaqənin mənfi nəticələri də var. Məsələn, son 150 ildə bəşəriyyət fosil yanacaqlarından (kömür, neft və qaz) istifadəni dəfələrlə artırmışdır. Bu proses nəticəsində atmosferə külli miqdarda karbon dioksid (CO_2) və digər qazlar buraxılmışdır ki, bu da, istiliyin Yer kürəsinin səthinə yaxın bölgələrdə tutulub saxlanmasına səbəb olmuşdur (Şəkil 56.29). Hesablamalara görə, 1900-cü ildən bu yana insan fəaliyyəti nəticəsində atmosferə buraxılan CO_2 Yer kürəsinin orta temperaturunu təxminən 1°C artırmışdır. Qlobal modelləmə təxminlərinə görə, karbon və digər qazların bu sürətlə atmosferə buraxılması davam edərsə, bu əsrin sonlarında temperaturun daha 3°C artması gözlənilir.

İqlim dəyişikliyi qısa müddətli hava şəraitinin dəyişməsindən fərqli olaraq, otuz ildən çox çəkən, müəyyən istiqamətdə irəliləyən qlobal dəyişiklikdir. Hazırda baş verən qlobal istiləşmə iqlim dəyişikliyinə əsas aspektidir, lakin bunun başqa nəticələri də mövcuddur: külək və yağıntı xüsusiyyətləri dəyişir, fırtına və quraqlıq kimi ifrat hava şərtləri daha çox baş verir. İqlim dəyişikliyi dünyanın bir çox yerində artıq canlıların yaşadığı yerləri, yəni onların habitatlarını dəyişdirməyə başlayıb. Məsələn, ağ ayıların ovlanmaq üçün platforma olaraq istifadə etdiyi buz əridiyi üçün qidalanmaları çətinləşmiş və ölüm halları artmışdır. Habitatlar korlandıqca, yüzlərlə bitki və heyvan növü yeni, daha əlverişli yaşayış məkanları axtarmağa məcbur olurlar, ancaq bəziləri üçün uyğun habitat azdır, digərləri isə yeni yerlərə köçməyə vaxt tapmır. Nəticədə, bir çox növün bəzi populyasiyaları kiçilmiş, hətta tamamilə yox olmuşdur (Şəkil 1.12). Bu gedişat bütün bir növün yox olmasına

➤ **Şəkil 1.12 Qlobal istiləşmə canlı növlərini təhlükəyə atır.**

İstilik artdıqca *Scleropus* cinsinə aid bu kərtənkələ sığınacağına daha çox vaxt sərf etməli olur. Bu da onun ovlanma üçün qalan vaxtını azaldır. Daha az qidalanan kərtənkələnin, nəticədə nəsilvermə qabiliyyəti aşağı düşür. Araşdırmalar göstərir ki, 1975-ci ildən bu yana Meksikadakı 400 populyasiyanın 12%-i məhv olmuşdur. İqlim dəyişikliyinə Yer kürəsindəki həyata təsirinə dair başqa nümunələr üçün Şəkil 56.30-un “Əlaqə Qur” hissəsinə baxın.



gətirib çıxara bilər. Sözügedən dəyişikliklərin insan və digər canlılar üçün də faciəvi nəticə verməsi mümkündür (Başlıq 56.4).

Biologiya elminin 4 əsas mövzusu olan quruluş, informasiya, enerji-maddə və qarşılıqlı əlaqədən bəhs etdiyimizə görə, təkamül mövzusunə keçə bilərik. Bioloqlar təkamülün biologiya elminin özəyi, yəni ən əsas mövzusu olduğu barədə həmfikirdirlər.

YOXLAMA 1.1

1. Şəkil 1.3 əsasında, molekulyar səviyyədən başlayaraq yuxarıya doğru, bioloji quruluşun səviyyələrini təsvir edin. Hər cümlədə bir əvvəlki (aşağı) səviyyəyə aid məfhumlardan istifadə edin. Məsələn, “Molekul atomların bir-birinə bağlanması ilə əmələ gəlir”.
2. Bəndlərin hər biri üçün biologiyanın ana xətlərini təyin edin:
(a) Oxlu kirpinin iti iynələri.
(b) Tək bir mayalanmış yumurtadan çoxhüceyrəli orqanizmin inkişaf prosesi.
(c) Uçuş üçün enerjisini şəkərdən alan kolibri.
3. **ƏGƏR** ➤ Müzakirə olunan mövzular üçün əlavə nümunələr düşünün.

BAŞLIQ 1.2

Əsas Mövzu: Təkamül canlıların vəhdət və müxtəlifliyini izah edir

TƏKAMÜL Təkamül bəşəriyyətin canlı orqanizmlər haqqında bildiklərini özündə cəmləyən yeganə çərçivədir. Fosil tapıntıları aydın şəkildə göstərir ki, həyat Yer kürəsində milyardlarla il təkamül keçirərək, tarixdə yaşamış və bu gün yaşayan sonsuz müxtəliflikdəki canlıları yaratmışdır. Bu müxtəlifliklə yanaşı, həyatın vəhdəti özünü canlılar arasındakı ortaq xassələr şəklində göstərir. Məsələn, dəniz atı, dovşan, kolibri və zürafə kimi canlılar nə qədər fərqli görünsələr də, onların skeleti bənzər struktura malikdir.

Həyatın bu vəhdət və müxtəlifliyinin, həmçinin orqanizmin habitatına uyğunlaşması (adaptasiya) proseslərinin elmi izahı təkamüldür. Təkamül hazırda Yer kürəsində yaşayan bütün canlıların keçmişdə yaşamış ortaq əcdadlardan dəyişərək törədiyini irəli sürən anlayışdır. Dəyişərək törəmə nəticəsində iki növ ortaq xassələrə sahib olur ki, bunun səbəbi də sadəcə ortaq əcdaddan gəlmələridir. Müxtəlifliyin səbəbi isə, iki növün bir-birindən ayrılmasından sonra törəmə prosesində baş verən dəyişikliklərdir. Təkamülün, həqiqətən də baş verdiyinə və mexanizmlərinə dair çox sayda dəlil mövcuddur. Bütün bunlardan 22-25-ci fəsilərdə geniş şəkildə bəhs olunacaq.

Müasir təkamül nəzəriyyəsinin banilərindən biri olan Theodosius Dobzhansky belə demişdir: “Biologiyaya təkamül işığında baxılmadığı müddətcə, heç nəyin yerini başa düşmək mümkün deyil”. Onun bu məşhur sözlərini anlamaq üçün, bioloqların planetdəki sonsuz müxtəlifliyi necə ələ aldıqlarına nəzər yetirməliyik.

Canlı Müxtəlifliyini Sinifləndirmək

Müxtəliflik canlıların ən ayırdedici xüsusiyyətidir. Bioloqlar bu günədək təxminən 1.8 milyon növ aşkar etmiş və onları adlandırmışdılar. Hər orqanizm növünün iki hissədən ibarət adı vardır. Birinci hissə növün aid olduğu cinsin adıdır. İkinci hissə isə, bu cins içindəki növə məxsus, unikal addır. (Məsələn, *Homo sapiens* insanın aid olduğu növün adıdır).

İndiyədək 100 min göbələk, 290 min bitki, 57 min onurğalı heyvan, 1 milyon həşərat (cücü) və çox sayda təkhüceyrəli canlı növü aşkar edilmişdir. Alimlər hər il minlərlə yeni növ kəşf edirlər. Dünyada yaşayan növ sayının 10 milyon ilə 100 milyon arasında olduğu təxmin edilir. Həqiqi rəqəm nə olursa olsun, biologiya elminin əhatə etməli olduğu sahənin çox geniş olduğu açıqdır və bu müxtəlifliyi bəlli çərçivələrdə ortaya çıxarmaq bioloqların qarşısında böyük məqsəd olaraq qalır.

Canlı Həyat Üç Aləməstündə Toplanır

Alimlər tarixən geniş müxtəlifliyə malik canlıları tək-tək struktur, funksiya və digər gözəçarpan xassələr baxımından müqayisə edərək sinifləndirmə yolunu seçmişlər. Son illərdə ortaya çıxan DNA ardıcılığının müqayisəsi kimi, yeni metodların istifadəsi ilə sinifləndirmə prinsipləri yenidən ələ alınır. Bu yenidənqurma prosesi davam edir, ancaq bu gün canlıları aləməstü adlanan üç əsas qrupa ayırmaq mümkündür: **Bakteriyalar**, **Arxeyalar** və **Eukariotlar** (Şəkil 1.13).

Bunlardan iki aləməstü, Bakteriya və Arxeya prokariot canlılardır. Eukariotlar aləməstündə Bitkilər aləmi, Göbələklər aləmi, Heyvanlar aləmi və İbtidailər var. Üç aləm bir-birindən qismən qidalanma tərzlərinə görə ayrılırlar: Bitkilər şəkər və digər qida maddələrini fotosintez vasitəsilə özləri istehsal edir, göbələklər qidanı

▼ Şəkil 1.13 Canlı təbiətin üç aləməstüsü

(a) Bakteriyalar Aləməstü



Bakteriyalar ən geniş yayılmış və ən yüksək müxtəlifliyə malik prokariotlardır. Hal-hazırda bir neçə aləmdə sinifləndirilir. Fotoşəkildəki çöpşəkilli parçaların hərəsi bir bakteriya hüceyrəsidir.

(b) Arxeyalar Aləməstü



Arxeyalar bir neçə aləmdən ibarətdir. Arxeya prokariotlarının bəziləri Yer kürəsinin duzlu göl və isti bulaqları kimi ifrat habitatlarında yaşayırlar. Şəkildəki hər kürəcik bir arxeya hüceyrəsidir.

(c) Eukariotlar Aləməstü



▲ **Bitkilər Aləmi** (quru bitkiləri) torpaq üzərində yaşayan, fotosintez, yeni işıq enerjisini qidanın kimyəvi enerjisinə çevirmə qabiliyyətinə malik çoxhüceyrəli eukariotlardan ibarətdir.

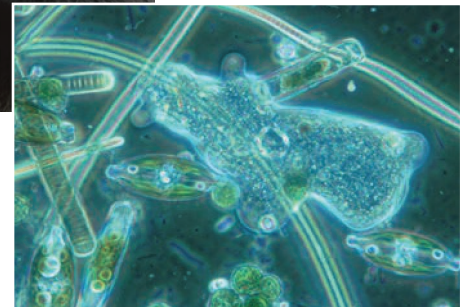


► **Göbələklər Aləmi**
Papaqlı göbələk və kiflərin daxil olduğu bu aləmin sinifləndirilməsi qismən qidalanma tərzinə görə təyin edilir. Göbələklər qidanı xaricdən soraraq alan canlılardır.



► **Heyvanlar Aləmi** başqa orqanizmlər ilə bəslənən çoxhüceyrəli eukariot canlılardır.

100 μm



► **İbtidailər** (*Protista*) əksəriyyəti birhüceyrəli və az sayda nisbətən sadə struktura malik çoxhüceyrəli eukariotlardan ibarətdir. Yandakı şəkildə gölməçə suyundan götürülmüş nümunədə cürbəcür ibtidai canlılar görmək mümkündür. Alimlərin ibtidailərin törəmə bağlarını ən doğru şəkildə əks etdirəcək sinifləndirmə strukturu üzərindəki mübahisələri bu gün də davam edir.

suda həll olmuş formada xaricdən əldə edir, heyvanlar isə digər orqanizmləri yeyib həzm edərək qidalanırlar. İnsan, əlbəttə ki, heyvanlar aləminə mənsubdur.

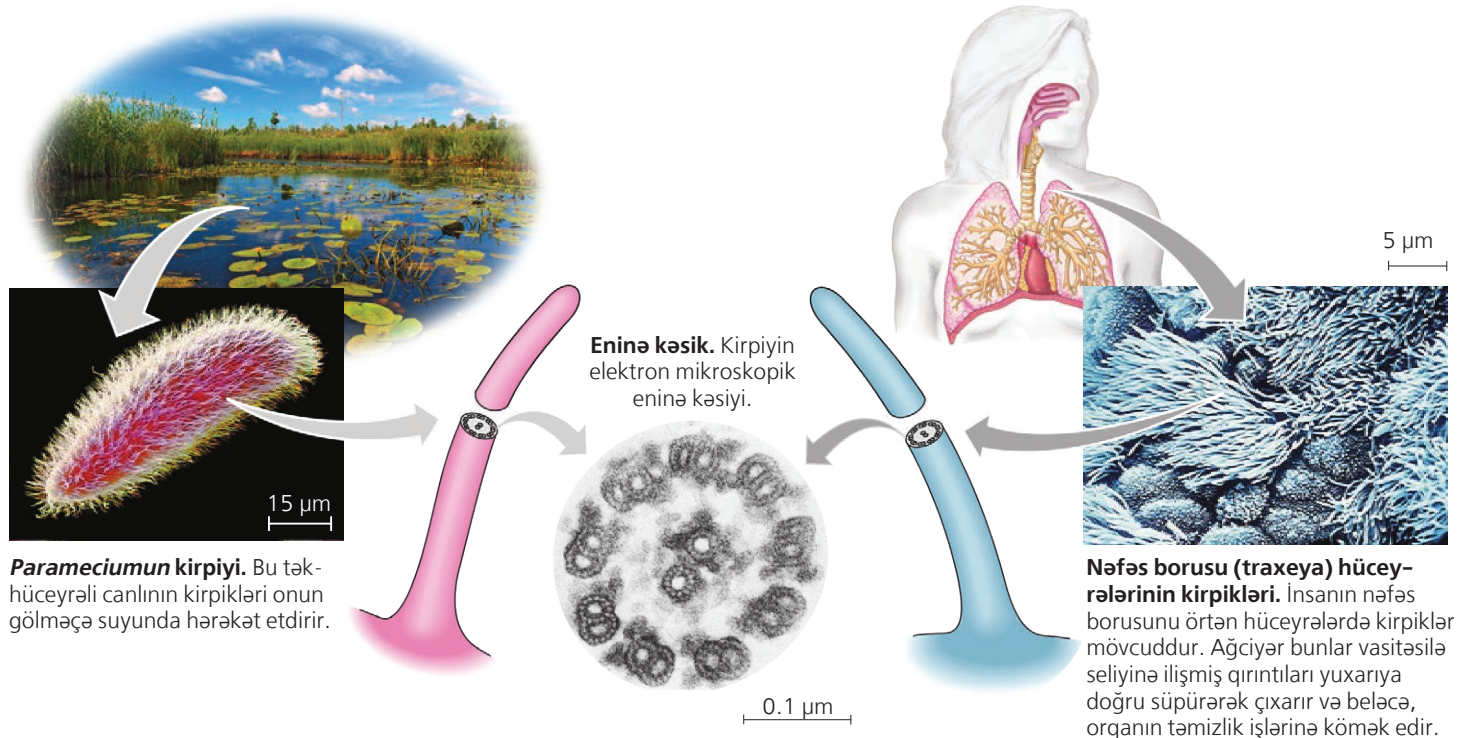
Say və müxtəliflik baxımından ən böyük eukariot qrupu ibtidailərdir. Əvvəllər, ibtidailər tək bir aləmdə toplanırdılar, lakin hazırda bir neçə qrupda yerləşirlər. Bu dəyişikliyin səbəbi bəzi ibtidailərin digər ibtidailərdən çox, bitki, heyvan, yaxud göbələklərə daha yaxın olduğunu göstərən DNA analizlərindən əldə olunan nəticələndir.

Həyatın Müxtəlifliyi İçindəki Vəhdət

Həyat nə qədər müxtəliflik sərgiləsə də, canlıların diqqətəlayiq vəhdəti də var. Məsələn, əvvəlki səhifələrdə bəhs etdiyimiz fərqli heyvanlar arasındakı skelet bənzərliyi, yaxud DNA dilinin (genetik kod) universallığı. Canlılar arasındakı bənzərlik hər yerdə, bioloji iyerarxiyanın bütün səviyyələrində özünü açıq şəkildə göstərir. Məsələn, bu vəhdət hüceyrə strukturundakı bir çox xassədə, hətta tamamilə əlaqəsiz canlılar arasında belə, çox aydın görünür (**Şəkil 1.14**).

Bəs həyatın bu vəhdət və müxtəlifliyindəki ikili xarakterini necə izah etmək olar? Təkamül prosesi canlıların bənzərliyini olduğu qədər, müxtəlifliyini də işıqlandırır. Bu nəzəriyyə, eyni zamanda, biologiyaya yeni

▼ **Şəkil 1.14 Həyatın müxtəlifliyi içindəki vəhdətinə nümunə: eukariotlarda kirpik strukturu.** Kirpik hərəkət prosesində fəaliyyət göstərən hüceyrə uzantısıdır. Bu struktur gölməçələrdə yaşayan tək-hüceyrəli *Paramecium*-dan (infuzor tərlisi) tutmuş insana qədər, çox fərqli canlılarda mövcuddur. Bir-birindən bu qədər fərqli olan canlılar belə, bunun kimi diqqətəlayiq oxşarlığa malik ola bilər. Şəkilə verilən eninə kəsikdə bunu aydın şəkildə görmək mümkündür.

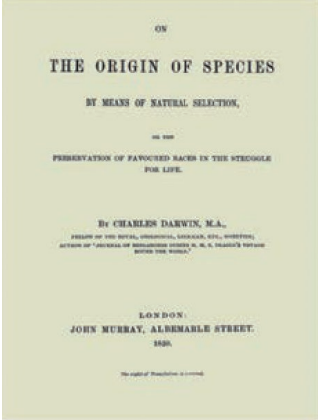


aspekt əlavə edir: zaman. Fosil və digər dəlillərin də sübut etdiyi kimi, həyatın tarixi yaşı milyardlarla il olan Yer kürəsindəki dəyişən canlı orqanizmlərin təkamül dastanıdır (**Şəkil 1.15**).

▼ **Şəkil 1.15 Keçmiş qazıb çıxarmaq.** Paleontoloqlar Madaqaskar adasında uzun boynu ilə məşhur olan *Rapetosaurus krausei* dinosavrinin arxa ayağını daşlaşmış torpağın içindən diqqətlə qazıb çıxarırlar.



▼ **Şəkil 1.16** Gənc Charles Darwin. Darwin-in *Növlərin Mənşəyi* adlı inqilabi kitabı 1859-cu ildə çap edilmişdir.



Charles Darwin və Təbii Seçmə Nəzəriyyəsi

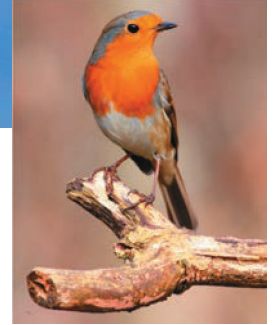
1859-cu ilin noyabr ayında Charles Darwin-in bəşəriyyət tarixinin ən önəmli və nüfuzlu əsərlərindən biri sayılan kitabını çap etdirməsi ilə ictimaiyyətin diqqəti təkamül anlayışı üzərində cəmləşdi: Təbii Seçmə Yolu ilə Növlərin Mənşəyi Üzərinə (**Şəkil 1.16**). “Növlərin Mənşəyi” kitabının iki mühüm iddiası vardı. Birinci iddia bu gün yaşayan növlərin, onlardan fərqlənən əcdadlarından törəyərək yaranması idi. Darwin bu prosesə “*dəyişərək törəmə*” adını vermişdi. Bu ifadə canlıların vəhdət və müxtəlifliklərindən qaynaqlanan ikili xarakterini təsvir edirdi — vəhdət ortaq əcdaddan yaranan fərqli növlərin qohumluq əlaqələrindən, müxtəliflik isə ortaq əcdaddan uzaqlaşarkən ortaya çıxan dəyişmələrdən qaynaqlanır (**Şəkil 1.17**). Darwin-in ikinci əsas iddiası dəyişərək törəmənin əsas səbəbinin “*təbii seçmə*” olması idi.

Əslində Darwin-in nəzəriyyəni inşa edərkən istinad etdiyi müşahidələr özlüyündə heç də yeni və inqilabi sayılmazdı. Başqaları canlı təbiətin inkişaf tarixi tapmacasının ayrı-ayrı hissələrini izah etsələr də, məhz Darwin ilk dəfə onların bir-birilə necə əlaqədə olduğunu aşkar etmişdir. Alim təbiətdə apardığı üç əsas müşahidəyə əsaslanırdı. Birincisi, populyasiyadakı fərdlər çox vaxt nəsil-dən-nəslə ötürülə bilən xüsusiyyətlərə görə bir-birindən fərqlənirlər. İkincisi, populyasiya həyatda qalib çoxala biləcək olandan daha çox sayda balalayır. Mühitin saxlaya biləcəyindən daha çox fərdin olması onlar arasında rəqabəti qaçılmaz edir. Üçüncüsü, növlər adətən mühitlərinə, yaşadıqları şəraitə uyğunlaşırlar. Məsələn, adətən sərt tum yeyən quşların adaptasiyalarından (uyğunlaşma) biri güclü dimdikdir.

Darwin öz təkamül nəzəriyyəsini bu üç müşahidə üzərində inşa etmişdir. O düşünürdü ki, mühitə daha yaxşı uyğunlaşmağa imkan verən irsi xassələrə malik fərdlərin həyatda qalib çoxalma qabiliyyəti, nisbətən az

▼ **Şəkil 1.17** Quşların vəhdət və müxtəlifliyi. Buradakı dörd quş eyni vücut sxeminin fərqli versiyalarına malikdir. Məsələn, hamısının lələk, dimdik və qanadları var, amma bu orqanlar hər quşun özünəməxsus həyat tərzinə böyük ölçüdə uyğunlaşır.

▼ Qırmızı çiynili sar



▲ Şəfəq bülbülü

▼ Amerika flaminqosu

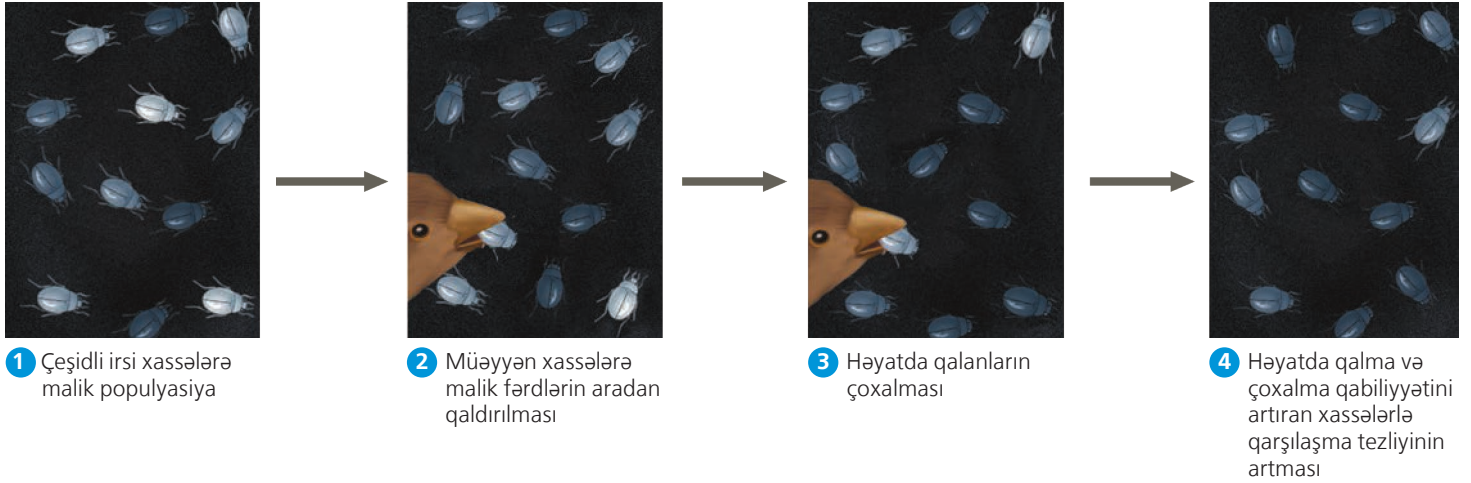


▲ Papua pinqvini

uyğunlaşmış fərdlərlə müqayisədə daha çoxdur. Nəsillər bir-birini əvəzlədikcə, əlverişli xassələrə sahib olan fərdlərin populyasiyada nisbəti artır. Mühit sabit qaldığı müddətcə, təkamül fərdlərin qeyri-bərabər çoxalma yolu vasitəsilə mühitə daha da yaxşı uyğunlaşması ilə baş verir.

Mühit populyasiyada təbii olaraq təsadüf olunan xassələrin arasından bəzilərinə gələcək nəsllə ötürmək üçün “seçdiyinə görə”, Darwin bu uyğunlaşma mexanizminə “təbii seçmə” adını vermişdir. **Şəkil 1.18** təbii seçmənin populyasiyada irsi rəng çeşidliliyini necə “redaktə” edə bildiyini təsvir edir. Təbii seçmənin nəticələrini yaşadığı xüsusi mühit və həyat tərzlərinə mükəmməl şəkildə uyğunlaşmış canlılarda görürük. Yarasa qanadları adaptasiyaya gözəl nümunədir (**Şəkil 1.19**).

▼ **Şəkil 1.18 Təbii Seçmə.** Bu xəyali böcək populyasiyası torpağı yenidən baş verən yanğınla qaralmış məkana köç etmişdir. İlk başda populyasiyadakı fərdlərin irsi rəngləri açıq bozdan kömür rənginə qədər dəyişir. Böcəklərlə qidalanan ac quşlar üçün açıq rəngli böcəkləri tapmaq daha asandır.



TƏSVİR ET ► Zamanla torpağın rəngi açılacaq. Əlavə bir mərhələ çəkərək, torpaq tündlüyünün orta həddə çatmasının təbii seçməyə təsirini göstərin. Bu yeni mərhələ üçün açıqlama hazırlayın. Daha sonra torpağın rəngi tədricən açıldıqca populyasiyanın necə dəyişəcəyini izah edin.



▲ **Şəkil 1.19 Təkamül adaptasiyası.** Uça bilən yeganə məməli yarasa uzanmış “barmaqları” arasında tor olan qanadlara malikdir. Darwin bu cür adaptasiyaların zamanla təbii seçmə yolu ilə təkmilləşdiyini iddia etmişdir.

Həyat Ağacı

Şəkil 1.19-dakı yarasa qanadlarının skelet strukturuna bir daha nəzər salın. Bu qanadlar lələkli quşların qanadlarından fərqlidir; yarasa bir məməlidir. Yarasanın yuxarı ətrafları uçuşağa uyğunlaşsa da, buradakı sümük, oynaq, sinir və qan damarlarının eynisi insan qolunda, atın yuxarı ətraflarında və balinanın üzgəcində də var. Bütün məməlilərin yuxarı ətrafları bir ortaq strukturun anatomik olaraq fərqli versiyalarıdır. Darwin-in dəyişərək törəmə anlayışına əsasən, məməli yuxarı ətraflarının ortaq anatomiyası bu strukturun ortaq əcdaddan — bütün məməlilərin törədiyi “prototipik” məməlidən — irsən ötürüldüyünün göstəricisidir. Məməlinin yuxarı ətraflarındakı müxtəliflik milyon illər boyu fərqli mühitlərdə işləyən təbii seçmə yolu ilə gedən dəyişikliyin nəticəsidir. Fosillər və başqa dəlillər anatomik vəhdəti təsdiqləyərək məməlilərin ortaq bir əcdaddan törədiyi iddiasını dəstəkləyir.

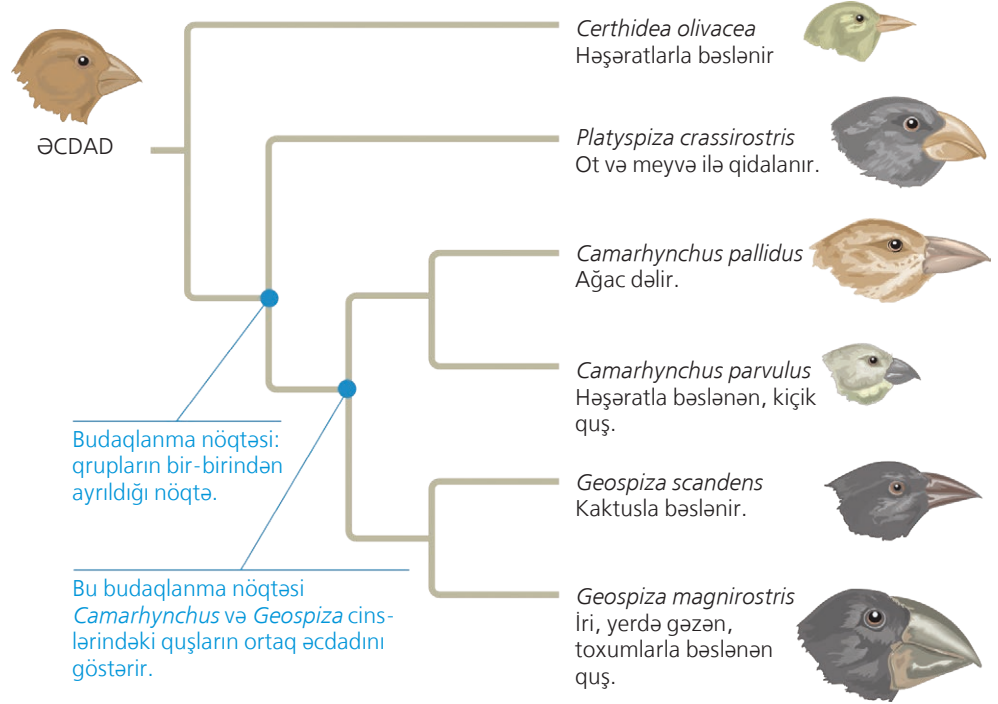
Darwin-ə görə, təbii seçmənin uzun müddət ərzində toplanan effektləri əcdad növün iki və ya daha artıq

övlad növü yaratmasına gətirib çıxara bilər. Bunun baş verməsi üçün, məsələn, bir populyasiyanın fərqli mühitlərdə təcrid olunmuş bir neçə alt-populyasiyaya bölünməsi kifayət edə bilər. Təbii seçmənin fəal olduğu bu fərqli məkanlarda, coğrafi olaraq bir-birindən təcrid olunmuş populyasiyaların nəsillər sonra fərqli mühit şərtlərinə uyğunlaşması bir növün çox sayda fərqli növə şüalanması ilə nəticələnir.

Darwin-in Qalapaqos quşları bir əcdad növdən yeni növlərin radiasiyasına məşhur nümunələrindən biridir. Darwin 1835-ci ildə Cənubi Amerikanın Sakit Okean sahillərindən 900 kilometr məsafədə yerləşən uzaq Qalapaqos adalarına səyahəti zamanı bu quşlardan nümunələr toplamışdır. Nisbətən cavan olan bu vulkanik adalardakı bitki və heyvanlar Cənubi Amerika materikindəki növlərlə əlaqəli olsalar da, onlara dünyanın başqa nöqtəsində rast gəlmək mümkün deyil. Qalapaqos quşlarının Cənubi Amerika və ya Karib hövzəsindən arxipelaqa gəlib çıxma bilməmiş əcdad növdən əmələ gəldiyi təxmin olunur. Qalapaqos quşları zamanla fərqli adalarda mövcud olan qida şəraitinə uyğunlaşdıqca, növ olaraq əcdadlarından fərqlənməyə başlamışlar. Darwin-in birəbitdənləri toplanmasından illər sonra tədqiqatçılar bu quşlar arasındakı təkamül əlaqələrini əvvəlcə anatomik və coğrafi məlumatlara əsasən, daha sonra isə DNA ardıcılıqlarını qarşılaşdıraraq öyrənmişdirlər.

Bioloqlar təkamül əlaqələrini təsvir etmək üçün adətən **Şəkil 1.20**-də göstərilənə bənzər, üfüqi, ağacşəkilli diaqramlardan istifadə edirlər. Ağac diaqramları bu əlaqələri göstərmək üçün əlverişlidir: hər bir fərdin əcdadlarını göstərən ailə ağacı ola biləcəyi kimi, hər bir növ də zamanda geriye, fərqli əcdad növlərə uzanan həyat ağacının bir budağını təşkil edir. Qalapaqos birəbitdənləri kimi bir-birinə yaxın növlər ortaq əcdad-

► **Şəkil 1.20** Dəyişərək törəmə: Qalapaqos quşlarının adaptiv radiasiyası. Bu "ağac" Qalapaqos quşlarının keçirdiyi təkamülün hazırkı modelini göstərir. Fərqli adalarda mövcud olan qida mənbələrinə uyğunlaşan fərqli dimdik şəkillərinə diqqət edin. Məsələn, ağır, qalın dimdiklər toxum qırmaq üçün əlverişli iken, nazik dimdiklər böcək tutmağa uyğundur.



da malikdir. Bu quşlar, daha da əvvəllər yaşamış olan əcdadları üzərindən sərcələr, qırğılar, pinqvinlər və bütün başqa quşlarla əlaqədirlər. Bundan əlavə, Qalapaqos quşları və digər quşlar daha da qədimdə yaşayan əcdadlar üzərindən bizimlə də qohumdurlar. Həyatın izi ilə daha da qədimə getsək, Yer kürəsində 3.5 milyard il əvvəl yaşamış erkən prokariotlara rast gələrik. Onların qalıqlarını isə öz hüceyrələrimizdə (məsələn, sahib olduğumuz universal genetik kodda) tapa bilərik. Bir sözlə, canlıların hamısı həyatın keçdiyi uzun təkamül tarixi ilə bir-birinə bağlıdır.

YOXLAMA 1.2

1. Təbii seçmənin populyasiyadakı irsi çeşidliliyə təsirini ifadə etmək üçün "redaktə etmək" bənzətməsindən nəyə görə istifadə olunur?
2. Şəkil 1.20-dəki yaşıl quşun zamanla nazik bir dimdiyə necə yayələndiyini izah edin.
3. **TƏSVİR ET** ► Başlıq 1.2-də öyrəndiyiniz üç aləməstünü həyat ağacının üç əsas budağı kimi təsvir etmək olar və eukariot budağının alt-budaqları Bitkilər, Göbələklər və Heyvanlar aləmi olar. Əgər yeni dəlillərin də göstərdiyi kimi, göbələklər və heyvanlar bir-birilərinə ayrılıqda bitkilər aləminə olduqlarından daha yaxındırlarsa, bəs onda necə? Bu üç eukariot aləminin təklif olunan əlaqələrini göstərən sadə budaqlanma sxemi çəkin.

BAŞLIQ 1.3

Elm müşahidələr əsasında hipotezlərin qurulub sınaanmasıdır

Elm məlumat almaq üçün metod, təbii aləmi başa düşmək üçün yanaşmadır. Elm özümüzü, digər canlıları, Yer kürəsini və kainatı anlamaq istəyimizdən yaranmışdır. *Elm* sözü ərəb dilində bilik, *bilmək* sözündən törəyib. Başa düşmək, bilmək, yaqin ki, insanın ən dərin arzularından biridir.

Elmin təməlinə təbii məfhum və hadisələrə izah axtarışı, yəni **tədqiqat** dayanır. Uğurlu elmi araşdırmanın universal düsturu, alimlərin mütləq şəkildə izləməli olduğu vahid elmi metod yoxdur. Hər axtarışda olduğu kimi, elmi araşdırmada da çətinlik, sərgüzəşt və bir az da təsadüf vardır. Bunların yanında elm yaradıcı təfəkkür, səbr, diqqətli planlama, məntiqli düşünmə və məneələri aşacaq gücdə əzm tələb edir. Araşdırmaların bu bir-birindən çox fərqlənən elementləri göstərir ki, elmi tədqiqatın qaydaları bir çoxlarının düşündüyü qədər sərt deyil. Bütün bunlara baxmayaraq, elmi araşdırmanı təbiətin sirlərini izah etməyə çalışan digər yanaşmalardan ayıran müəyyən xüsusiyyətlər mövcuddur.

Alimlər müşahidə aparır, daha sonra məntiqə uyğun və sınaanması mümkün izahların (*hipotez*) qurulması və onların sınaanması addımlarını izləyirlər. Bu proses dəfələrlə təkrarlanır: hipotez sınaanarkən, aparılan əlavə müşahidələr hipotezin yenidən qurulmasını, gözdən keçirilməsini zəruri edə bilər. Bu da öz növbəsində, yenidən qurulmuş hipotezin sınaanması ehtiyacını doğurur. Alimlər bu şəkildə addım-addım təbiət qanunlarının nə olduğu ilə bağlı təxminlərini dəqiqləşdirirlər.

Tədqiqat və Müşahidə

İnsan təbiətdən müşahidə etdiyi hadisə və əşyaların altında yatan səbəbləri axtarır tapmaq üçün böyük marağa sahibdir. Məsələn, yerə əkilmiş toxumun köklərini aşağıya doğru çəkən nədir? Alimlər belə sualların daha spesifik hala gətirilməsində əməkdaşlarının dərc etdiyi informasiyadan, yəni elmi ədəbiyyatdan asılıdır. Əvvəlki araşdırmaları oxuyub başa düşmək aparılacaq yeni müşahidələrin yeni şeylər üstündə cəmləşdirilməsi və öncəki nəticələrlə üst-üstə düşən hipotez qurulması üçün vacib addımdır. Yeni araşdırma üçün lazımı elmi ədəbiyyatın tapılması, bu gün keçmişdəkindən dəfələrlə asandır, çünki artıq indeksli və axtarıla bilən rəqəmsal databazalar mövcuddur.

Bioloqlar elmi araşdırma üçün diqqətlə müşahidələr aparırlar. İnformasiyanın əldə edilməsi prosesində alimlər adətən öz hissetmə qabiliyyətlərini artırmaq, yaxud dəqiq ölçülər götürə bilmək üçün mikroskop, həssas termometr və ya yüksək sürətli kamera kimi müxtəlif alətlərdən istifadə edirlər. Müşahidələr vasitəsilə təbiət haqqında çox dəyərli informasiya əldə olunur. Məsələn, hüceyrənin strukturu haqqındakı anlayışlarımız hərtərəfli müşahidələrə əsaslanır. Hal-hazırda aparılan digər müşahidələr isə çeşid-çeşid canlı növlərinin genom ardıcılığını və müxtəlif xəstəliklərdə ekspressiyası dəyişən genləri ehtiva edən databazaların genişlənməsinə xidmət edir.

Qeydə alınan müşahidə **data** adlanır. Başqa sözlə, data elmi tədqiqatın əsaslandığı informasiya parçasıdır. Data dedikdə bir çox insanın ağlına rəqəmlər gəlir, lakin data eyni zamanda, keyfiyyət qeydlərindən də ibarət ola bilər. Məsələn, Jane Goodall Tanzaniya cəngəlliklərində şimpanze davranışları üzərində uzun illər müşahidələr aparmış və bu müşahidələri diqqətlə qeyd etmişdir (**Şəkil 1.21**). Goodall heyvan davranışı sahəsini şimpanze sürüsündə yaşayan üzvlərin müxtəlif şərtlər altında spesifik davranışlarının müddəti və sıxlığı kimi, cild-cild kəmiyyət qeydləri ilə zənginləşdirmişdir. **Kəmiyyət datası**, adətən rəqəmsal ölçülərlə ifadə olunur; cədvəl və qrafika şəklində tərtib edilir. Alimlər nəticələrin təsadüfi dalğalanma, yoxsa statistik əhəmiyyətli olduğunu təyin etmək üçün datanı riyaziyyatın bir qolu olan *statistika* ilə analiz edirlər. Bu kitabda bəhs olunan bütün nəticələrin *statistik əhəmiyyətli* olduğu sübut olunmuşdur.

Məntiqin bir növü olan **induktiv** mühakimədən istifadə edərək, müşahidələrin aparılması, yığılması və analizi ilə sonda önəmli nəticə çıxarmaq mümkündür. İnduksiya vasitəsilə çox sayda spesifik müşahidədən ümumiləşdirilmiş vahid bir nəticə əldə olunur. “Günəş hər zaman şərqdən çıxır” cümləsi buna nümunədir. Eləcə də, “Bütün orqanizmlər hüceyrələrdən ibarətdir” iddiası. Diqqətli müşahidə və data analizi, o cümlədən, induksiya vasitəsilə əldə etdiyimiz ümumi nəticələr təbiət haqda bildiklərimizin təməlinə dayanır.

Şəkil 1.21 Jane Goodall şimpanze davranışı haqqında keyfiyyət datası toplayır. Goodall qeydlərini, adətən yanına cizma-qara etdiyi şəkillər ilə birlikdə bir dəftərçəyə yazırdı.

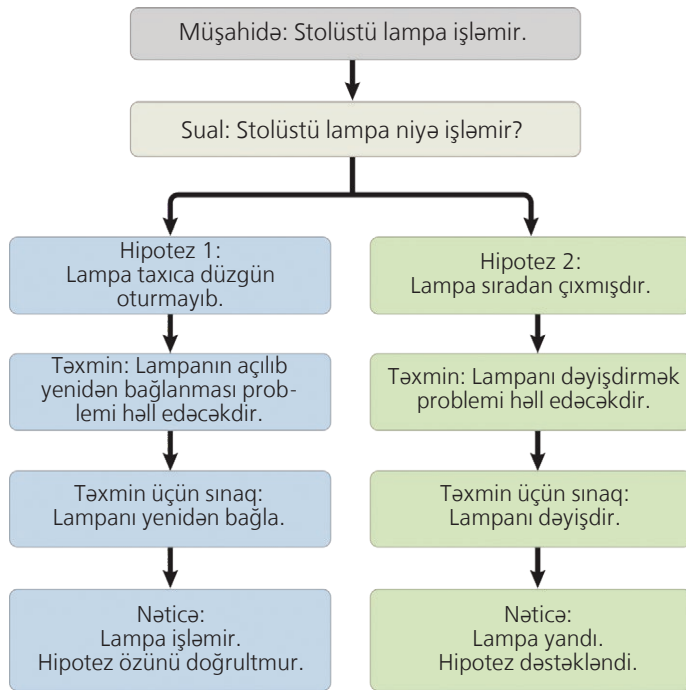


Hipotez Qurmaq və Sınamaq

İlkin müşahidədən, datanın toplanması və analizindən sonra alim suala müvəqqəti cavablar əldə edir və bu izahatlarını, yəni hipotezlərini sınaq prosesinə başlayır. Elmi kontekstdə **hipotez** müşahidə və fərziyyələr əsasında qurulan və sınaqması mümkün təxminlər doğuran izahatdır. Hipotez, adətən əldə olan dataya əsaslanmış və induktiv mühakimə vasitəsilə formalaşdırılmış, bir qrup müşahidə üçün verilən rəşional izahatdır. Elmi hipotez əlavə müşahidə və yaxud təcrübələrlə sınaq biləcək təxminlər doğurmalıdır. **Təcrübə** idarə olunan şərtlər altında aparılan elmi sınaqdır.

Həm gündəlik həyatda problemlərin həlli yolunda müşahidə aparır, sual verir və hipotez qurur. Tutaq ki, stolüstü lampanız şəkəkəyə taxılıb, düyməsi basılıb, ancaq işıq vermir. Bu müşahidədir. Sual isə aydındır: Lampa niyə işləmir? Ağlabatan iki hipotez bunlar ola bilər: (1) lampa yerinə düzgün oturmayıb, yaxud (2) lampa sıradan çıxmışdır. Bu fərqli hipotezlərin hər biri ayrı-ayrılıqda təcrübə ilə sınaq bilən təxminlər edir. Məsələn, lampanın yerinə düzgün oturmadığını iddia edən hipotezin təxmini budur ki, lampanın diqqətlə açılıb geri taxılması nəticəsində məsələ həll olunmalıdır. **Şəkil 1.22** bu sualı cavablandırmağa çalışan sadə sxemdir. Problemləri bu cür sınaq-yanılma metodu ilə həll etmək hipotez əsaslı yanaşma adlanır.

▼ **Şəkil 1.22 Elmi araşdırmanın sadələşdirilmiş sxemi.** Bəzi qaynaqların “elmi metod” adlandırdığı ideallaşdırılmış proses burada işləməyən stolüstü lampaya hipotezi kontekstində qərar sxemi ilə təsvir olunub.



Deduktiv Mühakimə

Məntiqin bir növü olan deduksiya da elmi hipotezin istifadəsində əhəmiyyətli yer tutur. İnduktiv mühakimə bir qrup spesifik müşahidəyə əsaslanaraq ümumiləşdirilmiş nəticəyə gəlmək yolu ikən, **deduktiv mühakimə** əks yöndə, yəni ümumi olandan spesifik olana doğrudur. Ümumi müddəə doğrudursa, onun əsasında spesifik nəticələr çıxarmaq mümkün olmalıdır. Elmi prosesdə hipotez doğrudursa, deduksiya bəlli nəticələrin əldə olunacağını təxmin etməyə imkan verir. Bundan sonrakı addım nəticələrin gözlənilməsi kimi olub-olmadığını görmək üçün hipotezi təcrübə, yaxud müşahidə ilə sınaqdır. Burada deduktiv mühakimə “*Əgər... onda ...*” şəklində qurulur. Stolüstü lampaya nümunəsində məntiqi mühakimə belə olmalıdır: *əgər* sıradan çıxan lampaya hipotezi doğrudursa, *onda* lampanı yenisi ilə dəyişdirsək, stolüstü lampaya normal qaydada işləməlidir.

Elmi kontekstdə hipotezin digər iki əsas aspektini təsvir etmək üçün, stolüstü lampaya nümunəsinə baxaq. Birincisi, istənilən vaxt əlavə hipotezlər qurub, müəyyən müşahidələri izah etməyə çalışmaq olar. Məsələn, bizim işləməyən stolüstü lampaya üçün yeni hipotezimiz belə ola bilər: taxıca yuvası sıradan çıxmışdır. Əlbəttə ki, bu hipotezi sınaq üçün təcrübə qurmaq olar, lakin mümkün olan bütün hipotezləri sınaq etmək mümkün deyil. İkincisi, hipotezin doğruluğunu *sübut etmək* mümkün deyil. Şəkil 1.22-də təsvir olunan təcrübələr əsasında deyə bilərik ki, sıradan çıxan lampaya hipotezi ən doğru izahdır. Amma sınaq hipotezin doğru olduğunu sübut

etmir, onun səhv olduğunu göstərə bilmədiyi üçün onu dəstəkləyir. Məsələn, lampanın dəyişdirilməsi problemi həll edir, lakin, ola bilsin ki, düz lampanın dəyişdirildiyi vaxt elektrik kəsintisi baş vermişdir.

Hipotezin şübhəyə yer qoymayacaq şəkildə sübut olunması mümkün deyil, ancaq onu mümkün qədər müxtəlif şəkildə sınaqaraq, doğruluğuna olan etibar artırmaq olar. Hipotezi müxtəlif şəkillərdə qurub, döndə-döndə sınaqla müəyyən konsensus əldə olunur. Konsensus, yəni fikir birliyi bir qrup alimin hipotezin əldəki datanı kifayət qədər yaxşı izah etdiyi və təcrübə sınaqlara tab gətirdiyi nəticəsinə varması deməkdir.

Elmin Cavab Verə Bilməyəcəyi Suallar

Elmi axtarış təbiəti öyrənmək üçün güclü metoddur, lakin bu metodun cavab verə bilməyəcəyi bəlli növ suallar vardır. Elmi hipotezi sınaqdan keçirmək mümkün olmalıdır. Müəyyən müşahidə və ya təcrübə ilə irəli sürülən fikrin səhv, yaxud doğru olduğunu *yoxlamaq* yolları olmalıdır. Əgər sıradan çıxan lampaya hipotezində yeni lampaya əvəzləmə problemi həll etmirsə, deməli hipotez yanlışdır.

Hec də bütün hipotezlər elmin bu şərtlərinə cavab vermir. Gözəgörünməz ruhların stolüstü lampaya ilə oynadığını irəli sürən hipotezi sınaq ehtimalınız yoxdur! Çünki elm sadəcə təbii və sınaqması mümkün olan təbiət hadisələrini əhatə edir. Elm nə gözə görünməyən ruhların stolüstü lampanı yandırıb-söndürmə hipotezini, nə də cin-şeytanın fırtına qoparması, göy qurşaqları çəkib xəstəliklər törətməsi kimi şeyləri qəbul, yaxud rədd etmək qabiliyyətinə malikdir. Bu cür fəvqəltəbii izahatlar, eləcə də, fərdi inanc məsələləri olan dini etiqadlar sadəcə olaraq elmin əhatə dairəsi xaricindədir. Elm və din bir-biri ilə nə uzlaşır, nə də ziddiyyət təşkil edir. Onlar sadəcə ayrı-ayrı məsələlərlə məşğuldurlar.

Elmi Prosesin Elastikliyi

Şəkil 1.22-də təsvir olunan stolüstü lampaya nümunəsi bəzi qaynaqların *elmi metod* dediyi ideallaşdırılmış prosesdir. Ancaq bu yolu addım-addım, eynilə izləyən elmi araşdırma tapmaq çətindir. Məsələn, tədqiqatçı təcrübəni qurarkən, əslində əlavə müşahidələrə ehtiyac olduğu üçün əvvəlki addıma qayıtmağa qərar verə bilər. Digər bir halda, müşahidə altındakı hadisənin mürəkkəbliyi sualın aydın şəkildə qoyulmasına imkan vermədiyi üçün, başqa tədqiqatların məsələni yeni kontekstə oturtmasını gözləmək lazım gəlir. Məsələn, alimlər genlərdən protein istehsal mexanizmini aydınlaşdırma bilmək üçün 1953-cü ildə DNA strukturunun kəşfinə qədər gözləməli oldular.

Elmi metodun reallığa daha yaxın olan modeli **Şəkil 1.23**-də təsvir edilmişdir. Bu modelin mərkəzi ideyası şəklin ortadasındakı dairədə yerləşən hipotez qurmaq və sınaqdır. Elmin təbii məfhumları izah etməkdə bu qədər uğurlu olmasının səbəbi bu təməl fəaliyyətlərdir. Lakin bu fəaliyyətlər tədqiqat və kəşflər ilə (üstdəki dairə), digər alimlər və ümumilikdə bütün ictimaiyyət

ilə (altadakı dairələr) əlaqədə şəkillənir. Məsələn, elmi icma hansı hipotezlərin sınaqına, nəticələrin necə şərh ediləcəyinə və yekun nəticələrə nə qədər dəyər verəcəyinə təsir edir. O cümlədən, xərcəng xəstəliyinin müalicəsinin tapılması üçün ictimai təzyiq, yaxud iqlim dəyişikliyi başa düşmək kimi ictimai ehtiyaclar, hansı elmi tədqiqatların maliyyələşdiriləcəyinə və əldə olunan nəticələrin nə qədər ətraflı müzakirə olunacağına böyük təsir göstərə bilər.

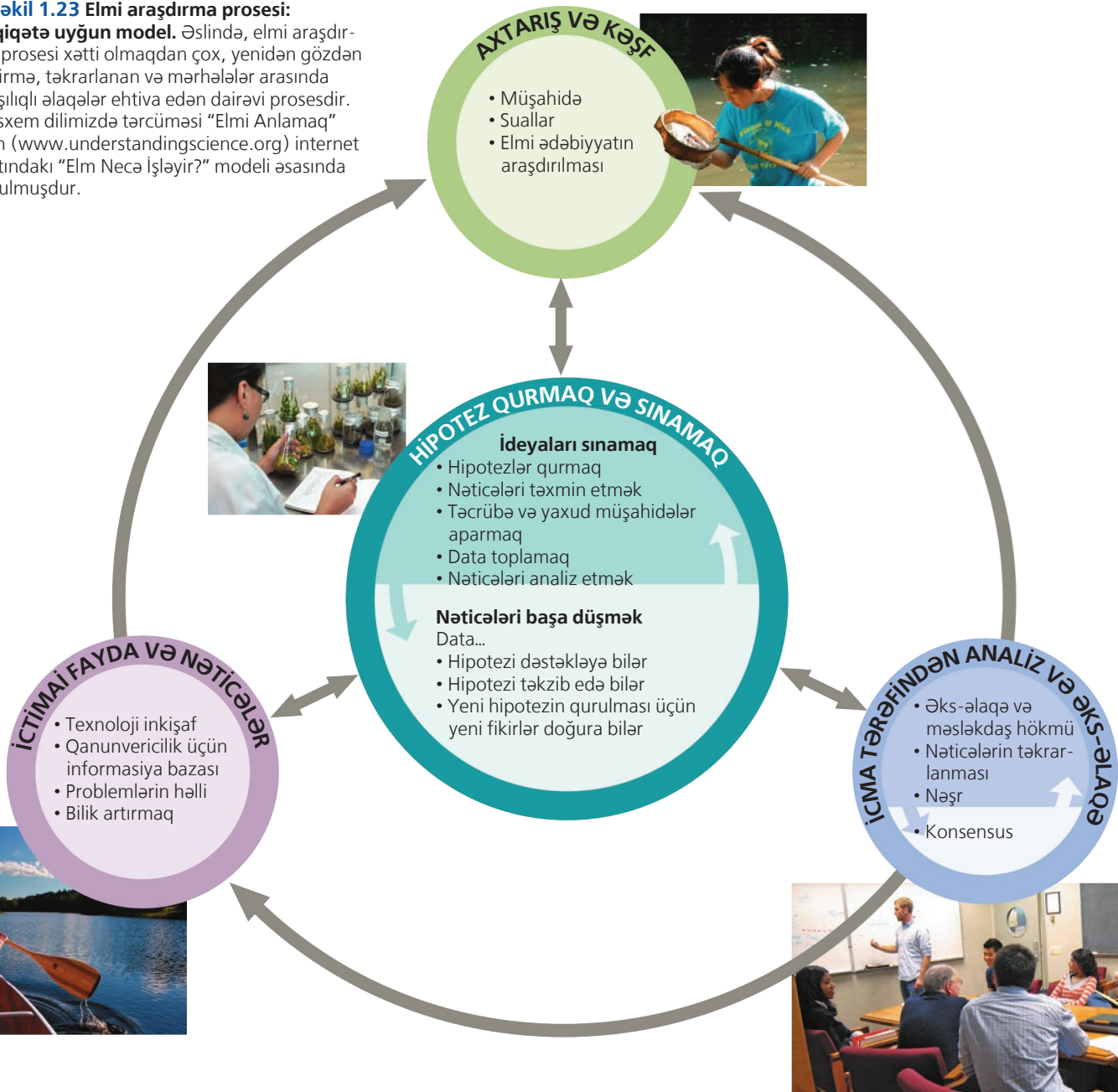
Elmi tədqiqatın başlıca xüsusiyyətləri olan müşahidə və hipotezin qurulub sınaqmasını vurğuladıqdan sonra, nümunə olaraq ətraflı şəkildə müzakirə edəcəyimiz elmi tədqiqatdakı bu xüsusiyyətləri tanımaqda çətinlik çəkməməlisiniz.

Tədqiqat Nümunəsi: Siçan Populyasiyalarında Örtük Rəngi Araşdırması

Nümunə olaraq seçilən araşdırma bir sıra müşahidə və induktiv ümumiləşdirmələr ilə başlayır. Heyvanların xarici örtük rəngi növlər arasında, hətta əksər hallarda eyni növün fərdləri arasında belə, geniş şəkildə fərqlilik təşkil edir. Bu çeşidliliyin səbəbi nədir? Xatırlayırsınızsa, fəslin əvvəlində bəhs etdiyimiz siçanlar tək bir növün (*Peromyscus polionotus*) nümayəndələri idi, ancaq onların rəngləri fərqlidir və fərqli mühitlərdə yaşayırlar. Çimərlik siçanı ağappaq qum təpələrinin aralarına səpələnmiş otların olduğu habitatda, Floridanın sahilboyu ərazilərində yayılmışdır. Qitədaxili

Şəkil 1.23 Elmi araşdırma prosesi:

həqiqətə uyğun model. Əslində, elmi araşdırma prosesi xətti olmaqdan çox, yenidən gözdən keçirmə, təkrarlanan və mərhələlər arasında qarşılıqlı əlaqələr ehtiva edən dairəvi prosesdir. Bu sxem dilimizdə tərcüməsi "Elmi Anlamaq" olan (www.understandingscience.org) internet saytındakı "Elm Necə İşləyir?" modeli əsasında qurulmuşdur.



ərazilərində yaşayan siçana isə, tünd və daha münbit torpaqlarda rast gəlinir (**Şəkil 1.24**). Fotoşəkillərə ötəri bir baxışla belə, siçanların örtük rəngi ilə habitatlarının örtük rəngi arasındakı uyğunluğu müşahidə etmək çətin deyil. Bu siçanları ovlayan şahin, bayquş, tülkü və koyyot kimi yırtıcılar şikarlarını baxaraq tapan vizual ovçulardır. Buna görə də bu siçan populyasiyalarını 1920-ci illərdə tədqiq edən təbiətsünas Francis Bertody Sumnerin siçanlardakı dəri rənginin ətraf mühit ilə uyğunlaşaraq kamuflyaj rolu oynadığını, yırtıcılardan gizlənmək üçün ondan istifadə etdiklərini iddia edən hipotez irəli sürməsi məntiqli görünür.

Kamuflyaj hipotezinin doğru olduğu açıq-aşkar ortadadır, lakin yenə də sınaqdan keçirilməlidir. 2010-cu ildə Harvard universitetinin əməkdaşı Hopi Hoekstra və bir qrup tələbəsi bu məqsədlə Floridaya yola düşdülər. Yaşadığı mühitə rəng baxımından uyğunluq göstərən siçanlarla müqayisədə, fərqlənən siçanların daha çox ovlanacağı təxmini sınınmalı idi. **Şəkil 1.25** bu sahə təcrübəsini təsvir edir.

Tədqiqatçılar yüzlərlə siçan modelini çimərlikdəki torpağa və qəhvəyi torpağa bənzəməsi üçün boyadılar. Beləcə, siçan modelləri ancaq rənglərinə görə bir-birindən fərqləndirilirdi. Bu modellərdən bərabər sayda hər iki habitata təsadüfi qaydada yerləşdirərək, səhərə qədər gözlənilirdi. Öz habitatında yaşayan siçanlara oxşar siçan modelləri kontrol qrupu vəzifəsini görürdülər. (Məsələn, açıq rəngə boyanıb çimərlik habitatına yerləşdirilən siçan modelləri.) Habitatı ilə rəng baxımından fərqlənən modellər isə təcrübi modeldir. (Məsələn, çimərlik habitatındakı tünd rəngli modellər.) Ertəsi gün səhər komanda ovlanma izlərini sayıb qeyd etdi. Bu izlər bəzi modellərin üzərində diş izləri və yırtıqlar ikən, digər siçan modelləri tamamilə yoxa

çıxmışdılar. Yırtıcının dişləmə şəkildən və təcrübə yerinin ətrafındakı ayaq izlərindən ovçuların təxminən bərabər sayda məməlilər və quşlardan ibarət olduqları müşahidə edilmişdi.

Tədqiqatçılar hər mühit üçün kamuflyajlı modellərin ovlanma nisbətini hesablamış və nəticə açıq və aydın şəkildə ortaya çıxmışdı: kamuflyajlı siçanlar kamuflyajsız siçanlara nisbətən bütün şərtlər altında, həm çimərlik habitatında (açıq rəngli siçanların daha az göründüyü yer), həm də torpaq habitatında (tünd rəngli siçanların az göründüyü yer) olduqca az ovlanmaya məruz qalırdılar. Beləcə, data ilə kamuflyaj hipotezinin təxminləri üst-üstə düşmüşdür.

Təcrübədə Dəyişənlər və Kontrollar

Elmi təcrübədə, adətən sistemin sadəcə bir faktoru dəyişdirilir və nəticələr müşahidə olunur. Şəkil 1.25-də təsvir olunan siçan kamuflyaj təcrübəsi kontrollu təcrübə üçün nümunədir. **Kontrollu təcrübə** təcrübə qrupu (siçan təcrübəsində kamuflyajsız olanlar) ilə kontrol qrupunu (kamuflyajlı siçanlar) müqayisə etmək üçün qurulmuş təcrübəyə deyilir. Dəyişikliyə məruz qalan faktor və onu əsasında ölçülən nəticələr təcrübi **dəyişən** adlanır. Dəyişən təcrübədə fərqli dəyərlər alan xassə, yaxud kəmiyyətdir. Verdiyimiz misalda siçan rəngi **müstəqil dəyişən**, yəni tədqiqatçı tərəfindən müəyyən olunan faktordur. **Asılı dəyişən** isə müstəqil dəyişənin təsirinə məruz qalacağı təxmin edilən və onun əsasında ölçülən faktordur. Siçan təcrübəsində dəyişən ovlanma nisbəti model rəngindəki fərq nəticəsində ölçülür. İdeal olaraq, təcrübi və kontrol qrupu arasındakı tək fərq bir müstəqil dəyişənin olmasıdır. Bu, siçan modelində rəngdir.

▼ **Şəkil 1.24** *Peromyscus polionotus* siçanının çimərlik və torpaq populyasiyaları arasındakı dəri rənginin fərqi.



Sahil boyu uzanan, seyrək bitki örtüyünə malik qum təpələrinin arasında yaşayan çimərlik siçanının açıq rəngli, xallı kürkü var. Bu cür örtük onların yaşadığı mühitlə qaynaq-qarışmasına, yəni kamuflyaj olmasına imkan yaradır.

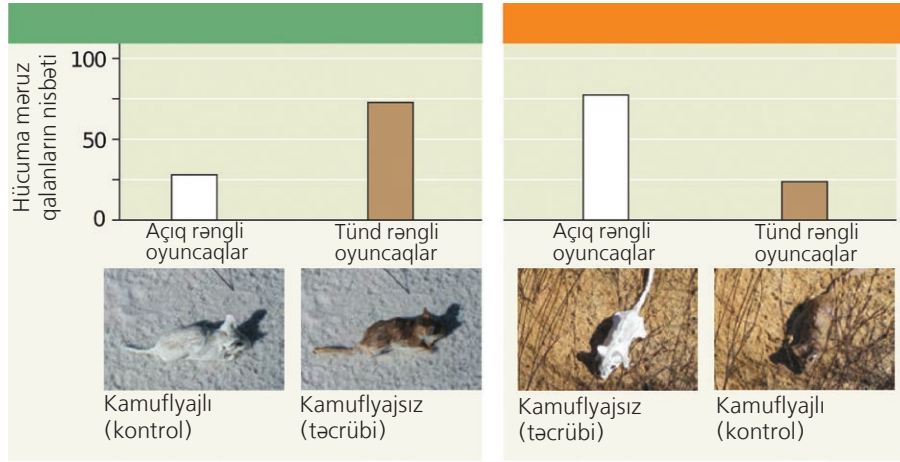
Ərazinin təxminən 30 km iç tərəflərində isə eyni növə aid başqa bir populyasiya yaşayır. Bu populyasiyanın fərdləri tünd rəngli habitatları - na bel hissələrindəki tünd qəhvəyi xəzlə uyğunlaşıblar.

▼ Şəkil 1.25

Tədqiqat Siçanlarda kamuflyaj yırtıcıların ovlanmadakı uğuruna təsir edirmi?

Təcrübə Hopi Hoekstra və əməkdaşları həm çimərlikdə, həm də iç bölgələrdə yaşayan *Peromyscus polionotus* siçanlarının xəz rənginin onları öz habitatlarında qoruduğu hipotezini sınayırlar. Tədqiqatçılar siçan modellərini spreylə habitatlarına uyğun şəkildə açıq və tünd rənglərə boyayaraq, onları müvafiq şəkildə çimərlik və torpaq mühitlərinə uyğunlaşdırırlar. Ertəsi səhər zədələnen, yaxud yoxa çıxan siçanların sayı hesablanır.

Nəticələr Hər habitat üçün kamuflyajlı, yaxud kamuflyajsız oyuncaqların hücumə məruz qalanlarının faizi hesablanmışdır. Hər iki habitatda ətraf ilə uyğun rəngə sahib olmayan oyuncaqlar, uyğun rəngə sahib olanlara nisbətə dəfələrlə çox hücumə məruz qalmışdır.



Yekun Nəticə: Tədqiqatçıların təxminləri nəticələr ilə üst-üstə düşür: Kamuflyajlı siçanlar kamuflyajsızlara nisbətə daha az hücumə məruz qalacaqdırlar. Beləcə, təcrübə kamuflyaj hipotezini dəstəkləyir.

Məlumat qaynağı: S. N. Vignieri, J. G. Larson, and H. E. Hoekstra, The selective advantage of crypsis in mice, *Evolution* 64:2153–2158 (2010).

DATANI ŞƏRH ET ▶ Qrafiklərdəki sütunlar hücumə məruz qalan açıq, yaxud tünd rəngli siçanların faizini göstərir. Tutaq ki, hər iki habitatda 100 siçan hücumə məruz qalmışdır. Çimərlikdə neçə siçan açıq rəngli idi? Bəs tünd rənglilərin sayı nə qədər idi? Bu sualları sahildən uzaqda yerləşən habitat üçün cavablayın.

Tədqiqatçı kontrol qrupu olmadan, kamuflyajsız siçanların məruz qaldığı yüksək hücum sayının səbəbinin yırtıcı sayındakı fərq, sınaq sahələri arasındakı temperatur fərqi və s. faktorlar olub-olmadığını müəyyən edə bilməz. Düzgün qurulmuş təcrübəylə isə tədqiqatçı ovlanma fərqi izah edən tək bir faktor ilə üz-üzə qalır.

Kontrollu təcrübənin bütün faktorları nəzarət altında olan təcrübə olduğu fikri geniş yayılmışdır. Lakin təbii sistemlər ilə aparılan təcrübələrdə bu cür nəzarət qeyri-mümkündür, hətta yüksək dərəcədə tənzimlənən laboratoriya təcrübələrində belə, çox çətindir. Tədqiqatçı, adətən arzu olunmayan dəyişənləri, onları aradan qaldıraraq nəzarət altında saxlamır, kontrol qrupları istifadə edərək təsirlərini ixtisar edir.

Elmdə Nəzəriyyə

Gündəlik dildə “Nəzəriyyədir, isbat olunmayıb!” cümləsindəki nəzəriyyə sözü sınanmamış spekulasiya mənasında işlədilir. Lakin elmdə nəzəriyyə sözü tamamilə başqa mənə ifadə edir. Bəs elmi nəzəriyyə nədir və onun hipotez-dən, yaxud adi spekulasiyadan fərqi nədən ibarətdir?

Birincisi, nəzəriyyə anlayışı hipotez anlayışından dəfələrlə çox şeyi əhatə edir. Məsələn, bu hipotezdir: siçanın dəri rənginin yaşadığı mühit ilə eyni olması, onu yırtıcılardan qoruyan adaptasiyadır. Bu isə nəzəriyyədir: təkamül adaptasiyası təbii seçmə nəticəsində yaranır. Bu nəzəriyyəyə görə, təbii seçmə nəhəng müxtəliflikdəki adaptasiyaları yaradan təkamül mexanizmidir; siçanın adaptasiyası isə sadəcə bunun kiçik bir nümunəsidir.

İkincisi, nəzəriyyə başqa bir çox sınanması mümkün olan hipotezlər yaratma potensialına malikdir. Məsələn, Princeton Universitetindən Peter və Rosemary Grand təbii seçmə nəzəriyyəsinə əsaslanaraq, spesifik olaraq Qalapaqos quşlarında dimdiyin mövcud qidadan asılı olaraq dəyişdiyini iddia edən hipotez irəli sürmüşdü. (Nəticələr hipotezi doğrulayır; Fəsil 23-dəki giriş bölümünə baxın).

Üçüncüsü isə, nəzəriyyə, adətən istənilən hipotez ilə müqayisədə, qat-qat daha çox dəlilə malik olur. Təbii seçmə nəzəriyyəsinin minlərlə dəlili vardır və bunlara hər gün yeniləri əlavə olunmaqla yanaşı, bu günə qədər bu nəzəriyyəyə zidd düşən hər hansı elmi data əldə olunmamışdır. Təbii seçmə və cazibə qüvvəsi kimi nəzəriyyələr geniş dairələrdə qəbul olunmuşdur. Bu kimi nəhəng nəzəriyyələr çeşidli müşahidələrə aydınlıq gətirməkdə və saysız dəlillərlə dəstəklənməkdədir.

Nəzəriyyəyə aid dəlillərin çoxluğundan asılı olmayaraq, onunla razılaşmayan yeni araşdırma nəticələri ortaya çıxdığında, alimlər nəzəriyyəni dəyişdirir, yaxud tamamilə rədd edirlər. Məsələn, bioloqlar bir vaxtlar bakteriya və arxeyaları prokariot aləməstündə toplayırdılar. Ancaq hüceyrə və molekulları müqayisə etməyə imkan verən yeni texnologiyalar üzə çıxdığında, nəticələr göstərdi ki, bu canlılar heç də eyni aləmə mənsub deyillər. Bu da bakteriya və arxeyaların eyni aləmdə toplanma nəzəriyyəsinə təkzib etdi. Əgər elmdə hər hansı bir şəkildə “həqiqət” mövcuddursa, o, ən yaxşı halda şərtdir və əldə olan dəlillərin gücündən asılıdır.

YOXLAMA 1.3

1. Şəkil 1.25-dəki hansı keyfiyyət müşahidəsi kəmiyyət araşdırmasına yol açmışdır?
2. İnduktiv və deduktiv mühakimə arasındakı fərqlilikləri və bənzərlikləri sadalayın.
3. Təbii seçmə nə üçün nəzəriyyə adlanır?
4. **ƏGƏR** ➤ Nyu Meksiko səhralarında torpaq əsasən qumludur. Bəzən təxminən min il əvvəl püskürmüş vulkandan qaynaqlanan lava nəticəsində əmələ gəlmiş qara qayalara da rast gəlmək olur. Siçanlar hər iki zonada yaşaya bilir və bayquşlar bu siçanlarla bəslənir. Bu ekosistemlərdə yaşayan siçan populyasiyalarının örtük rəngi haqqında nə deyə bilərsiniz? İzah edin. Kamuflyaj hipotezini əlavə sınaqlardan keçirmək üçün bu ekosistemləri necə istifadə etmək olar?

BAŞLIQ 1.4

Elm əməkdaşlığı və fərqli yanaşmalardan bəhrələnilir

Kino və cizgi filmlərində alim, adətən laboratoriyada işləyən yalnız, ağ xalatl, eynəkli insan şəklində təsvir olunur. Həqiqətdə isə elmi tədqiqat olduqca sosial bir fəaliyyətdir. Alimlərin çoxu doktorant və daha aşağı səviyyələrdə təhsil alan tələbələrin də daxil olduğu komandalarda fəaliyyət göstərirlər. Uğurlu tədqiqatçı olmağın sirlərindən biri insan əlaqələrində bacarıqlı olmaqdır. Tədqiqatın nəticələri seminar, çap materialı və internet vasitəsilə elmi dairələrə çatdırılmadıqca, onların təsir gücü yoxdur. Elmdə bir qayda olaraq, araşdırma nəticələri “məsləkdaş hökmü” (ing. *peer review*) olmadan çap olunmur. Məsələn, bu kitabda bəhs olunan elmi araşdırma nümunələrinin hamısı belə hakimli jurnallarda (ing. *peer reviewed journal*) çap olunmuşdur.

Sələflərin Əməyini Davam Etdirmək

Görkəmli alim Isaac Newton demişdir: “Təbiətin bütün qanunlarını kəşf etmək bir insan, hətta bir nəsil üçün belə, çox çətin işdir. Ən yaxşısı az-az, lakin dəqiqliklə öyrənilib, qalanını gələcək nəsillərə buraxmaqdır...” Elm adamı olmaq yolunda irəliləyən hər kəs, təbiət qanunlarını öyrənmək istəyən hər bir insan sələflərin nəhəng bilik irsindən faydalanır. Məsələn, Hopi Hoekstra Newtondan 40 il əvvəl, onun maraqlandığı mövzu üzərində işləmiş D. W. Kaufman adlı alimin nəticələrindən yararlanmışdır. Kaufmanın apardığı təcrübənin dizaynı və nəticələri ilə **Elmi Bacarıq Məşğələsi** qutusunda tanış ola bilərsiniz.

Elmi araşdırmaların nəticələri müşahidə və təcrübələrin təkrarlanması yolu ilə mütəmadi şəkildə nəzərdən keçirilir. Eyni sahədə işləyən alimlər, adətən müşahidə və təcrübələri təkrarlamaq yolu ilə həmkarlarının iddialarını yoxlayırlar. Başqa tədqiqatçılar tərəfindən təkrarlana bilinməyən təcrübə nəticə iddianın zəifliyinə işarə ola bilər. Bu isə çox vaxt iddianın yenidən dəyərləndirilməsinə gətirib çıxarır. Bu mənada, elm öz-özünün

hakimidir. Nəticələrin bildirilməsində dürüst olmaq və işgüzar qaydalara riayət etmək elmdə mərkəzi yer tutur, çünki yeni araşdırmaların yönü əvvəlki təcrübə məlumatların əsaslı olmasından asılıdır.

Alimlərin ayrı-ayrılıqda eyni elmi suallara cavab axtarmağı nadir hadisə deyildir. Bəziləri önəmli kəşf, yaxud əhəmiyyətli təcrübədə ilk insan olmaq istəyi ilə çətin yolu seçərkən, digər alimlər eyni sual üzərində işləyən həmkarları ilə əməkdaşlıq daxilində irəliləməyi üstün tuturlar.

Eyni orqanizmdən istifadə edən tədqiqatlar arasındakı əməkdaşlıq daha məhsuldardır. Bu, adətən **model orqanizm** adlanan, laboratoriyada asanlıqla yetişdirilən və tədqiq edilən problem üçün xüsusilə uyğun olan canlı növü olur. Bütün bioloji növlər təkamül baxımından bir-birilə əlaqəli olduqlarına görə bir orqanizmi digər canlıların biologiyasını və xəstəliklərini başa düşmək üçün model kimi düşünmək mümkündür. Məsələn, *Drosophila melanogaster* meyvə milçəyi üzərində aparılan araşdırmalar bizə, insan da daxil olmaqla, bütün canlılarda genlərin necə işlədiyinə dair çox şey öyrətməmişdir. Populyar model orqanizmlər arasında xardal bitkisi *Arabidopsis thaliana*, torpaq soxulcanı *Caenorhabditis elegans*, zebr balığı *Danio rerio*, siçan *Mus musculus* və bakteriya *Escherichia coli* vardır. Kitabı oxuduqca bu və ya digər model orqanizmlərin canlıların öyrənilməsinə nə qədər töhfə verdiyinə diqqət yetirin.

Bioloqlar elmi məsələlərə fərqli yanaşmalar sərgiləyirlər. Bəziləri məsələyə ekosistem səviyyəsində baxarkən, digərləri canlı təbiətin mexanizmlərini hüceyrə, yaxud orqanizm səviyyəsində araşdırır. Bu kitab biologiya elmini fərqli səviyyələrdə və fərqli yanaşmalar ilə izah edən bölümlərə ayrılmışdır. Bununla belə, bir məsələyə hər zaman bir-birini tamamlayan fərqli bucaqlardan da yanaşmaq mümkündür. Məsələn, Hoekstranın çimərlik və qitə daxili siçanların dəri rəngi araşdırmaları ən az bir genetik mutasiyanın kəşfinə yol açdı. Çünki alimin tədqiqat laboratoriyasında biologiyanın fərqli səviyyələrində ixtisaslaşmış mütəxəssislər işləyirdi və buna görə də təkamül adaptasiyaları ilə molekulyar səviyyədəki DNA ardıcılığı arasında əlaqə qura bildilər.

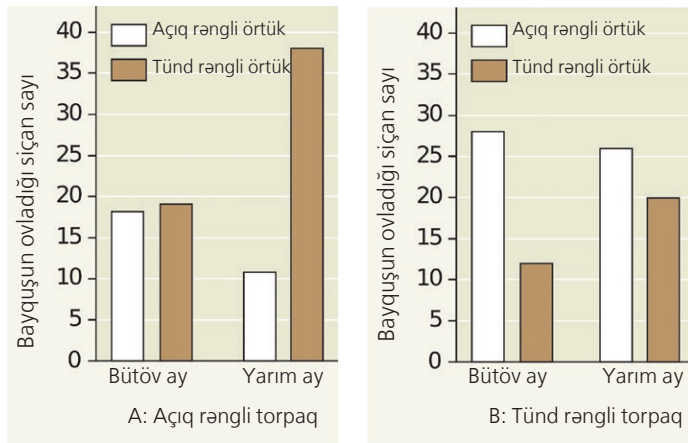
Bir tələbə olaraq, biologiyanın fərqli səviyyələri arasında əlaqə qurmaq sizin üçün çox faydalı olacaqdır. Müxtəlif fəsillərdə təkrar-təkrar qarşınıza çıxan bəlli mövzular bəhs olunan səviyyələr arasında əlaqə qurmaq bacarığını inkişaf etdirmək üçün yaxşı vasitədir. Bu mövzulardan biri oraqvari hüceyrə xəstəliyidir. Afrikanın yerli xalqları və digər isti regionlarda yaşayanlar arasında geniş yayılmış bu xəstəliyin genetik əsasları yaxşı bilinir. Oraqvari hüceyrə xəstəliyi hər dəfə fərqli səviyyədə yanaşma ilə mütəmadi qarşınıza çıxacaqdır. Bundan əlavə, kitabda müxtəlif anlayış və fəsillər arasında əlaqə qurmanıza kömək edəcək şəkillər yerləşdirilmiş, bəzən isə sizi bu əlaqələri qurmağa dəvət edən suallar əlavə edilmişdir (bunlar **ƏLAQƏ QUR** ilə işarələnmişdir). Ümid edirik ki, bu kimi şeylər sizə kitabdakı mövzuları bir-birinə bağlamağa kömək edəcək və bioloji məsələlərə geniş perspektivdən baxmağa

Sütun diaqramlarının şərhı

Kamuflyaj bayquşların ay işığında siçan ovlamasına nə dərəcə təsir edir? D. W. Kaufman hipotezi belə qurmuşdur: siçanların xəz rəngi ilə yaşadığı mühit rəngi arasındakı fərq bayquşların gecə ovlanma uğuruna təsir edir. Alim həm də bu rəng fərqi ay işığı tərəfindən dəyişdirilə biləcəyini təxmin edirdi. Bu məşğələdə sözügedən hipotezi sınaqmaq məqsədilə, yığılan bayquşların siçan ovu datasını analiz etməlisiniz.

Təcrübə Necə Aparılmışdır? Biri açıq qəhvəyi, digəri tünd qəhvəyi, iki fərqli rəngə malik bir cüt siçan (*Peromyscus polionotus*), eyni zamanda aç bayquşun olduğu qapalı bir əraziyə buraxılmışdır. Tədqiqatçılar bayquşa yem olan ilk siçanın rəngini qeyd edirlər. Əgər bayquş 15 dəqiqə içində siçanlardan hər hansı birini ovlamırsa, təcrübə sıfır dəyərini alır. Təcrübə açıq və tünd rəngli torpağı olan qapalı ərazilərdə dəfələrlə təkrarlanmışdır. Eyni zamanda sınaqlarda ay işığının mövcud olub-olmadığı qeydə alınmışdır.

Təcrübə Datası



Data mənbəyi: D. W. Kaufman, Adaptive coloration in *Peromyscus polionotus*: Experimental selection by owls, *Journal of Mammalogy* 55:271–283 (1974).

DATANI ŞƏRH EDİN

- Əvvəlcə, qrafikin necə qurulduğunu tam olaraq başa düşdüyünüzdən əmin olun. A qrafikində açıq rəngli torpaqda, B qrafikində isə tünd rəngli torpaqda aparılmış təcrübənin nəticələri göstərilmişdir. Bu iki qrafik arasında başqa heç bir fərq yoxdur. (a) Bu qrafiklərdə birdən çox müstəqil dəyişən vardır. Bu müstəqil, yəni tədqiqatçılar tərəfindən sınıanan dəyişənlər hansılardır? Qrafikin hansı oxu müstəqil dəyişəni təmsil edir? (b) Asılı dəyişənlər, yəni sınıanan dəyişənlərə cavab olaraq üzə çıxan dəyişənlər hansılardır? Qrafikin hansı oxu asılı dəyişəni təmsil edir?
- (a) Ay işığında, açıq rəngli torpaqda neçə tünd rəngli siçan ovlanmışdır? (b) Ay işığında, tünd rəngli torpaqda neçə tünd rəngli siçan ovlanmışdır? (c) Tünd qəhvəyi siçanın ay işığında bayquşa yem olmamaq ehtimalı hansı halda daha çoxdur: açıq, yoxsa tünd rəngli torpaqda? Cavabınızı izah edin.
- (a) Tünd rəngli torpaqda olan tünd qəhvəyi siçan hansı halda ov olmaqdan qurtula bilər: ay işığında, yoxsa aysız gecədə? (b) Bəs açıq rəngli torpaqda olan açıq qəhvəyi siçan hansı halda ov olmaqdan qurtula bilər? İzah edin.
- (a) Tünd rəngli siçanın gecə vaxtı ov olmaqdan qurtulma ehtimalı hansı şərtlər altında ən yüksəkdir? (b) Bəs açıq rəngli siçanın gecə vaxtı ov olmaqdan qurtulma ehtimalı hansı şərtlər altında ən yüksəkdir?
- (a) Açıq rəngli torpaqda ovlanma sayındakı ən yüksək rəqəm hansı müstəqil dəyişənlərin kombinasiyasında əldə edilmişdir? (b) Tünd rəngli torpaqda hansı müstəqil dəyişənlərin birlikdə təsiri ilə ovlanma ən yüksək göstəricisinə sahib olmuşdur?
- Beşinci suala verdiyiniz cavab əsasında hər iki siçan tipi üçün maksimum öldürücü şərti sadə şəkildə təsvir edin.
- Hər iki qrafikin datasını birləşdirərək, ay işığı olan və olmayan şərtlərdə bayquşun ovladıdığı siçanların ümumi sayını təxmin edin. Bayquşun ov etməsi üçün ən uyğun şərtlər hansılardır? İzah edin.



cəsarət verərək, biologiyadan zövq almağa imkan yaradacaqdır.

Elm, Texnologiya və Cəmiyyət

Geniş mənada, alimlər də cəmiyyətin bir parçasıdır və tənliyin içinə texnologiyayı da əlavə etdiyinizdə, cəmiyyət ilə elm arasındakı qarşılıqlı əlaqə daha aydın olur (Şəkil 1.23). Elm və texnologiya bəzən eyni tədqiqat metodlarından istifadə etsə də, əsas məqsədləri fərqlidir. Elmin məqsədi təbiət hadisələrini başa düşməkdir; **texnologiya** isə elmi biliyi müəyyən xüsusi məqsəd üçün *tətbiq* edir. Bioloq və digər alimlər, adətən “kəşflər”dən, mühəndis və texnoloqlar isə “icadlar”dan bəhs edirlər. Alimlər tədqiqatlarında texnologiyadan istifadə etdikləri üçün, elm və texnologiya bir-birilə qarşılıqlı əlaqədədir.

Elm və texnologiyanın yaxın əməkdaşlığı nəticəsində, cəmiyyətdə böyük dəyişikliklər baş verə bilər. Bəzən təməl elmin ən faydalı tətbiqləri gözlənilməyən yerdən, elmi tədqiqat işlərində heç kimin diqqət yetirmədiyi müşahidədən doğulur. Məsələn, 60 il əvvəl Watson və Crick tərəfindən DNA strukturunun kəşfi və sonrakı araşdırmalar DNA-nın dəyişdirilməsi texnologiyasına və onun tibb, aqronomiya və məhkəmə-tibbi eksperti-zası sahəsində geniş tətbiqinə gətirib çıxarmışdır (Şəkil 1.26). Bu alimlər yəqin ki, kəşflərinin bir gün çox önəmli tətbiqləri olacağını qabaqcadan təxmin edirdilər, ancaq işlərinin tam olaraq nə ilə nəticələnəcəyini çətin ki, proqnozlaşdırırdılar.

Texnoloji inkişafın yönü təməl elmin əsas yönləndiricisi olan maraqlardan çox, cəmiyyətin o andakı ehtiyacına və ictimai şərtlərə bağlıdır. Texnologiya

▼ **Şəkil 1.26 DNA texnologiyası və məhkəmə-tibbi ekspertizası.** 2011-ci ildə məhkəmə-tibbi ekspertizasının cinayət yerindən əldə etdiyi DNA nümunəsinin analizi Michael Mortonu törətmədiyi cinayətə (həyat yoldaşını amansızlıqla qətlə yetirmə) görə 25 ildir çəkdiyi cəzadan azad etdi. DNA nümunəsi digər qətdə təqsirli bilinən başqa bir nəfərə uyğun gəlirdi. Şəkildə Michael məhkəmə qərarı ilə azadlığa buraxıldıqdan sonra ata-anası ilə qucaqlaşır. Ekspertizanın apardığı DNA analizinin detallarından 20-ci fəsildə ətraflı şəkildə bəhs ediləcək.



haqqında gedən müzakirələrin mərkəzində “*ədə bilərəkmi?*” sualı yox, “*etməliyikmi?*” sualı dayanır. Texnologiyanın inkişafı çətin suallar doğurur. Məsələn, bir insanın genetik xəstəliyə sahib olduğunu yoxlamaq məqsədilə DNA texnologiyasının istifadəsinə hansı şərtlər altında icazə verilməlidir? Belə analizlər könüllü şəkildə aparılmalıdır, yoxsa bəzi hallarda məcburi ola bilər? Sığorta şirkətləri, yaxud işəgötürənlər, sağlamlıq haqqında bir çox başqa məlumata olduğu kimi, bu və bənzər informasiyaya çıxış əldə etməlidirlərmə? Genom ardıcillama sürəti artır, qiyməti isə azalır; belə olan halda, bu sualların cavablandırılması daha da önəmli hala gəlir.

Bu kimi sualların gündəmə gətirdiyi etik məsələlər, elmlə bağlı olduğu qədər, siyasət, iqtisadiyyat və mədəni dəyərlər ilə də əlaqəlidir. Elmi tədqiqat prosesinin necə işlədiyini bilmək, texnologiyanın faydalı və zərərli tərəfləri haqda məlumatlı olmaq sadəcə peşəkar alimlərin deyil, bütün vətəndaşların öhdəliyidir. Elm, texnologiya və cəmiyyət arasındakı bu əlaqələr biologiya biliyinin əhəmiyyətini daha da artırır.

Fərqli Yanaşmaların Elmdəki Yeri

Tarixin gedişatına böyük təsir göstərən texnoloji yeniliklərin bir çoxu, bir-birindən olduqca fərqli kulturlərin qovuşma nöqtəsi olan ticarət yolları üzərindəki ocaqlarda inkişaf etmişdir. Məsələn, biliyin cəmiyyətdə geniş dairələrə yayılmasında böyük rol oynayan çap texnologiyası alman Johannes Gutenberg tərəfindən 1440-cı illərdə icad edilmişdir. Çindən gələn kağız və mürəkkəb kimi şeylər olmasaydı, bu texnologiya ortaya çıxmazdı. Kağız Çindən Bağdada uzanan ticarət yolu ilə səyahət edərkən, kütləvi

istehsal üçün texnoloji təkamüldən keçmişdir. Bu texnologiya, yenə Çindən gələn su əsaslı mürəkkəb ilə birlikdə Avropaya çatmış, burada isə Gutenberg ondan yağ əsaslı boya əldə etmişdir. Çap texnologiyasını müxtəlif mədəniyyətlərin bilik alış-verişinə borcluyuq və eyni şeyi digər mühüm icadlar üçün də söyləmək mümkündür.

Bənzər şəkildə, elm də anlayış və mövqelərin müxtəlifliyindən, çeşidliliyin meyvələrindən bol-bol bəhrələnir. Bəs cinsiyyət, gender, irq, etnik mənsubiyyət və s. atributlar baxımından alim populyasiyası nə dərəcə müxtəliflik göstərir?

Alimlər yaşadıkları cəmiyyətin normalarını və davranışlarını əks etdirirlər. Buna görə də təsadüfi deyil ki, dünyanın bir çox ölkəsində qadın və bəzi azlıqların peşəkar şəkildə elmlə məşğul olmaq məqsədlərinin qarşısında son zamanlara qədər böyük maneələr dururdu. Son 50 ildə isə yanaşma bir qədər dəyişmişdir və bu gün ABŞ universitetlərində biologiya ixtisası üzrə oxuyan tələbələrin yarısı qadındır.

Ancaq peşəkar elmin yuxarı pillələrində dəyişiklik bu qədər sürətli deyil. Qadınlar və bəzi etnik azlıqlar elm və texnologiyanın bir sıra sahəsində bu gün də azlıq təşkil edir. Elmdə fikir müxtəlifliyinin azlığı onun inkişafına mane olur. Deyirmi masada müzakirəyə qoşulan səslərin sayı artdıqca, elmi müzakirənin dəyəri, məhsuldarlığı və sağlamlığı bir o qədər artacaqdır. Kitabın müəllifləri (və tərcüməçiləri) elmin bu maraqlı sahəsini öyrənmə yolunda sizə uğurlar arzulayır.

YOXLAMA 1.4

1. Elm ilə texnologiya arasında fərq nədən ibarətdir?
2. **ƏLAQƏ QUR** ► Oraqvari hüceyrə xəstəliyini törədən genə ABŞ-da yaşayan Afrika mənşəli insanlarla müqayisədə, Böyük Səhradan cənubda yaşayan insanlarda daha çox rast gəlinir. Bu gen oraqvari hüceyrə xəstəliyinin səbəbi olmaqla yanaşı, malyariya xəstəliyinə qarşı müəyyən müdafiəni də təmin edir. Təhlükəli xəstəlik olan malyariya Afrikada geniş yayılsa da, ABŞ-da mövcud deyil. Oraqvari hüceyrə geninin bu iki bölgə arasındakı sıxlıq fərqi açıqlayan təkamül prosesi necə ola bilər? (Başlıq 1.2).

1 Fəslin İcmalı

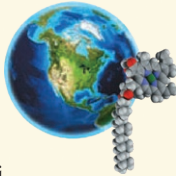
ƏSAS ANLAYIŞLARIN XÜLASƏSİ

BAŞLIQ 1.1

Biologiyanın əsas mövzuları

Quruluş Altbaşlığı: Bioloji Quruluş Səviyyələrini qalxdıqca yeni yaranan xassələr ortaya çıxır.

- Həyatın iyerarxiyası: biosfer > ekosistem > icma > populyasiya > orqanizm > orqan sistemləri > orqan > toxuma > hüceyrə > orqanel > molekul > atom. Atomdan başlayaraq pillə-pillə qalxdıqca üst səviyyələrdə aşağı səviyyədəki komponentlərin qarşılıqlı əlaqəsi nəticəsində yeni yaranan xassələr ortaya çıxır. Reduksionizm adlanan yanaşma ilə mürəkkəb sistemlər daha asan anlaşılan hissələrə ayrılırlar. **Sistem biologiyası** sahəsində alimlər bütöv bioloji sistemin davranışını parçalar arasındakı qarşılıqlı əlaqələri öyrənərək anlamağa çalışırlar.



- Struktur və Funksiya Altbaşlığı:** Bioloji Quruluşun İstənilən Səviyyəsində Bir-Biriylə Sıx Əlaqədədir. Orqanizmin təməl quruluş və funksiya vahidi olan hüceyrə həyat üçün lazım olan bütün fəaliyyətləri həyata keçirə bilən ən kiçik strukturdur. Hüceyrələr prokariot, yaxud eukariot olurlar. **Eukariot hüceyrə** DNA ehtiva edən, nüvə kimi membranla əhatəli orqanellərə malik hüceyrə növüdür. **Prokariot hüceyrələr** isə orqanellərdən məhrumdur.

İnformasiya Altbaşlığı: Canlı Proseslərdə Genetik İnformasiyanın Ekspressiyası və Ötürülməsi

- Genetik informasiya DNA-nın nukleotid ardıcılığında kodlaşdırılır. DNA valideynlərdən uşaqlara irsi informasiya ötürür. **Gen** adlanan DNA parçaları **gen ekspressiyası**, yəni ilkin olaraq DNA-nın mRNA-ya köçürülməsi, daha sonra isə proteinə tərcümə prosesini proqramlaşdırır. Gen ekspressiyası proteinə çevrilməyən, ancaq başqa önəmli funksiyalar yerinə yetirən RNA-lar da əmələ gətirir. Genomika növün sahib olduğu bütün DNA ardıcılıqlarını, yəni növün **genomunu** geniş miqyasda və digər növlər ilə müqayisəli şəkildə tədqiq edən elm sahəsidir. **Bioinformatika** bu nəhəng data yığınına analiz etmək üçün hesablama metodlarından istifadə edən sahədir.

Enerji və Maddə Altbaşlığı: Həyat Enerji və Maddənin Bir-Birinə Çevrilməsini Tələb Edir.

- Enerji ekosistem daxilində axır. Bütün canlılar iş görmək məcburiyyətindədir və bu da enerji tələb edir. **İstehsalçılar** günəşdən aldıkları enerjini kimyəvi enerjiyə çevirir; bunun bir hissəsi **istehlakçılara** ötürülür, qalanı isə istilik şəklində ekosistemdən kənar edilir. Kimyəvi maddə canlı və cansız mühit arasında dövr edir.

Qarşılıqlı Əlaqə Altbaşlığı: Molekullardan Ekosistemə Qədər Bioloji İyerarxiyanın Bütün Quruluş Səviyyələrində Qarşılıqlı Əlaqələr Böyük Əhəmiyyət Kəsb Edir.

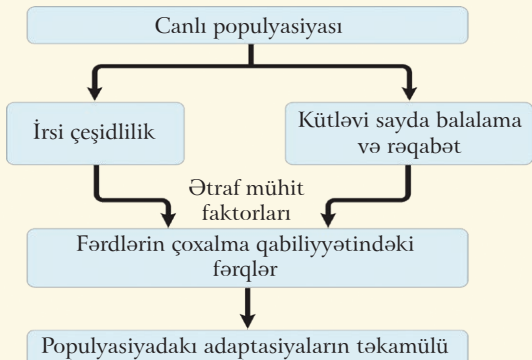
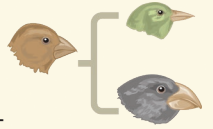
- Əks-əlaqə tənzimi** müəyyən bir prosesin öz məhsulu tərəfindən tənzimlənməsidir. Mənfi əks-əlaqədə məhsul öz istehsalını yavaşladarkən, müsbət əks-əlaqə tənzimində məhsul öz istehsal prosesini sürətləndirir.
- Orqanizmlər mütəmadi olaraq fiziki faktorlarla qarşılıqlı əlaqədədirlər. Bitkilər torpaqdan qida, havadan kimyəvi maddələr əldə edir, günəş enerjisindən faydalanır.

- Əlinizdəki əzələ və sinir hüceyrələrini düşünsək, yazmaq fəaliyyəti biologiyanın dörd əsas mövzusunun hansı formada əks etdirir?

BAŞLIQ 1.2

Əsas Mövzu: Təkamül canlıların vahid və müxtəlifliyini izah edir

- Yer kürəsindəki canlıları dəyişdirən təkamül prosesi onların bənzərlik və müxtəlifliyini izah edə bilər. Eyni zamanda, canlıların ətraf mühitə necə uyğunlaşdığını, yəni onların adaptasiyasını açıqlayır.
- Bioloqlar canlı növlərini hər addımda daha çox sayda altqrup ehtiva edən qruplara bölərək təsnif edirlər. **Bakteriya** və **Arxeya** aləməstü prokariotik hüceyrələrdən ibarətdir. **Eukarya** aləməstü İbtidailər, Bitki, Göbələk və Heyvanlar aləmindən təşkil olunmuşdur. Canlılar dünyası müxtəlif olduğu qədər, bir-birindən çox fərqli olan növlər arasında belə, çox sayda bənzərlik mövcuddur.
- Darwin təbii seçməni növlərin ətraf mühitə adaptasiyasının mexanizmi olaraq irəli sürmüşdür. **Təbii seçmə** ətraf mühit faktorlarına məruz qalan populyasiyada müəyyən irsi xassələr hesabına, bu xassələrə malik olmayan fərdlərə nisbətən, daha uğurla çoxala bilən fərdlərin seçildiyi təkamül prosesidir.



- Hər bir bioloji növ həyat ağacında kiçik bir budaq ilə təmsil olunur. Bu budaqcıqlar gövdəyə getdikcə daha uzaq əlaqəli valideyn növlər vasitəsilə birləşir. Bütün canlılar təkamül tarixi ilə bir-birinə bağlıdır.

- Təbii seçmə çimərlik siçanlarında xəz rəngi kamuflajı kimi adaptasiyaların yaranmasını necə təmin edir?**

BAŞLIQ 1.3

Elm müşahidələr əsasında hipotezlərin qurulub sınaqlarına

- Alim elmi tədqiqatda müşahidə apararaq onları qeydə alır (**data** yığmaq) və **induktiv mühakimə** vasitəsilə buradan ümumi nəticələr çıxarır. Bu da öz növbəsində, sınaqları mümkün olan hipotez qurmaq üçün istifadə olunur. **Deduktiv mühakimə** hipotezi sınaqlamaq üçün istifadə oluna biləcək təxminlər etməyə kömək edir. Hipotezin sınaqları mümkün olmalıdır; elm nə fəvqəltəbii hadisələr ilə məşğul olur, nə də ki, hər hansı dini inancın doğruluğunu sübut edə bilər. Hipotez təcrübə ilə, bu mümkün deyilsə, müşahidə ilə sınaqlar. Elmi tədqiqat prosesinin mərkəzində ideya və fikirlərin sınaqdan keçirilməsi dayanır. Elmi tədqiqat kəşf, icad, eləcə də, cəmiyyətin fikir, nəzarət, ehtiyacı kimi təsirlərindən kənarda qalmır.
- Siçan populyasiyalarında örtük rəngi araşdırılmasında olduğu kimi, **kontrollu təcrübə** sadəcə tədqiq olunan təkamül

bir dəyişən baxımından fərqlənən *kontrol qrup* və *təcrübə qrupları* nın sınaqması yolu ilə, o dəyişənin təsirini göstərmək məqsədi güdür.

- Elmi nəzəriyyə çox geniş əhatə dairəsinə malikdir, yeni hipotezlər qurmağa imkan yaradır və çox sayda dəlilə əsaslanır.

❓ *Elmi tədqiqat prosesində datanın yığılması və yozulmasının rolu nədir?*

BAŞLIQ 1.4

Elm əməkdaşlığı və fərqli yanaşmalardan bəhrələnilir

- Elm ictimai fəaliyyətdir. İstənilən alimin işi özündən əvvəl gələnlərin əməyi üzərində qurulur. Alim əməkdaşlarının nəticələrini təkrarlaya bilməlidir və burada dürüstlük böyük əhəmiyyət daşıyır. Bioloqlar arasında məsələyə yanaşma şəkli fərqlilik göstərir və fərqli yanaşmalar bir-birini tamamlayan xarakter daşıyır.
- **Texnologiya** elmi informasiyanı ictimai faydalı, spesifik bir məqsədə yönəldən avadanlıq, yaxud metodları əhatə edir. Təməl elmi araşdırmaların ictimai nəticələrinin özünü göstərməsi üçün, adətən uzun zaman tələb olunur.
- Elmi yanaşmaların müxtəlifliyi elmi tərəqqini sürətləndirir.

❓ *Elmi cəmiyyətdə fərqli yanaşma və müxtəlifliyin nə üçün əhəmiyyətli olduğunu izah edin.*

SINAQ

Səviyyə 1: Bilik və Anlama

1. Yaşadığınız çevrədəki bütün orqanizmlərin təşkil etdiyi şey nə deyilir?
A) ekosistem B) populyasiya
C) icma D) aləməstü
2. Sistem biologiyasının əsas məqsədi aşağıdakılardan hansıdır?
A) Müxtəlif növlərə aid genomların analizi
B) Məsələni daha kiçik, sadə hissələrə ayıraraq mürəkkəbliyi azaltmaq
C) Bütöv bir bioloji sistemin davranışını anlamaq məqsədilə, onu əmələ gətirən parçalar arasındakı qarşılıqlı əlaqələri öyrənmək
D) Bioloji datanın sürətlə yığılması üçün yüksək həcmli iş görə bilən avadanlıqlar qurmaq
3. Canlıların vəhdətini ən yaxşı aşağıdakılardan hansı əks etdirir?
A) Yaranan xassə B) Dəyişərək törəmə
C) DNA-nın struktur və funksiyası D) Təbii seçmə
4. Kontrollu təcrübə
A) alimin nəticələri diqqətlə qeyd etməsinə imkan yaradacaq qədər yavaş irəliləyən təcrübədir
B) təcrübə və kontrol qrupunu paralel şəkildə sınaqdan keçirən təcrübədir
C) nəticələrin dəqiqliyindən əmin olmaq üçün təkrarlanan təcrübədir
D) bütün dəyişənləri sabit saxlayan təcrübədir
5. Elmi olaraq hipotezi nəzəriyyədən ayıran nədir?
A) Nəzəriyyə hipotezin sübut olunmuş halıdır
B) Hipotez təxmin olduğu halda, nəzəriyyə dəqiq cavabdır
C) Hipotezin əhatə dairəsi adətən dardır; nəzəriyyə genişdir və güclü izahatlar verir
D) Nəzəriyyələr, adətən doğru çıxır; hipotez isə çox vaxt təcrübə nəticələri ilə ziddiyyət təşkil edir.

Səviyyə 2: Tətbiq və Analiz

6. Aşağıdakılardan hansı keyfiyyət datasına nümunədir?
A) Balıq ziqzaq vuraraq üzür
B) Mədənin içindəkilər hər iyirmi saniyədə bir qarışır
C) Temperatur 20 °C-dən 15 °C-yə düşmüşdür
D) Orta hesabla altı cüt quş hər biri üç quş balası dünyaya gətirir
7. Elmi tədqiqatı ən yaxşı ifadə edən cümlə hansıdır?
A) Sınaqması mümkün olan hipotez qursam, sınaq və müşahidələr onu dəstəkləyəcəkdir
B) Təxminlərim doğrudursa, sınaqması mümkün olan hipotez ortaya çıxacaqdır
C) Müşahidələrimi düzgün aparsam, hipotezim dəstəklənəcəkdir
D) Hipotezim doğrudursa, sınaqlarımın müəyyən nəticələri olacaqdır
8. **TƏSVİR ET** Mərcan rifini ekosistem, orqanizmi balıq, mədəsini orqan, DNA-nı isə molekulu götürərək, Şəkil 1.3-dəkinə bənzər bioloji iyerarxiya çəkin. İyerarxiyanın bütün səviyyələrini göstərin.

Səviyyə 3: Sintez və Dəyərləndirmə

9. **TƏKAMÜL ƏLAQƏSİ** Adi prokariot hüceyrə təxminən 3 000 genə malik olduğu halda, insan hüceyrəsindəki gen sayı 21 000-ə qədərdir. Bunların 1 000-i hər iki növ hüceyrədə var. Təkamül haqqında indiyə qədər öyrəndiklərinizin əsasında, bu qədər fərqli iki orqanizmin 1 000 eyni genə malik ola bilməsi faktını izah etməyə çalışın. Bu genlərin funksiyası nə ola bilər?
10. **ELMİ TƏDQIQAT** Siçan dərisinin rəngi üzərində aparılmış araşdırmanı xatırlayın. Yırtıcıların təbii seçmə prosesindəki rolunu daha dərinlən öyrənmək üçün əlavə hipotezlər təklif edin.
11. **ELMİ TƏDQIQAT** Modern dövrdə bioloqlar elmi ədəbiyyatı əldə etmək üçün internet databazalarından istifadə edirlər. Bunların ən məşhuru ABŞ Dövlət Biotexnologiya İnformasiya Mərkəzi (ing. *National Center for Biotechnology Information, NCBI*) tərəfindən idarə olunan ictimaiyyətə açıq PubMed databazasıdır. Bu bazanı istifadə edərək, Hopi Hoekstranın 2015-ci ildən bu günədək dərc etdirdiyi bütün elmi məqalələri tapın.
12. **TƏKAMÜL** 100-150 sözlük qısa mətn ilə Darwin-in təbii seçmə vasitəsilə Yer kürəsi üzərindəki canlı həyatın bənzərlik və müxtəlifliyini necə izah etdiyini yazın. Yazınıza onun istifadə etdiyi dəlillərdən bəzilərini daxil edin.
13. **SİNTEZ**



Şəkildə ağac gövdəsinin üzərindəki kərtənkəlini görə bilərsinizmi? Kərtənkələnin bu görünüşü onun həyatda qalmasına necə kömək edir? Bu fəsildə təkamül, təbii seçmə və genetik informasiya haqqında öyrəndikləriniz əsasında, bu kamuflajın hansı yollarla törədiyini (təkamül yolu ilə yaranadığını) izah etməyə çalışın.

BÖLÜM

CANLILARIN KİMYƏVİ TƏRKİBİ

1

Canlıların Kimyəvi Tərkibi

2



▲ Şəkil 2.1 Meşə qarışqalarının havaya atəş açmaq üçün istifadə etdikləri bu silah nədir?

ƏSAS ANLAYIŞLAR

- 2.1 Maddə saf bir elementdən, yaxud onların bir neçəsinin birləşməsindən əmələ gəlir
- 2.2 Elementin xüsusiyyətləri onu təşkil edən atomların strukturundan asılıdır
- 2.3 Molekulların yaranması və funksiyası atomlar arasında rabitələrin əmələ gəlməsindən asılıdır
- 2.4 Kimyəvi reaksiya kimyəvi rabitə yaradır və qırır



Biologiya ilə Kimya Arasındakı Körpü

Bütün heyvanlar kimi, qarışqaların da hücumdan qorunmaq üçün müdafiə sistemləri və mexanizmləri mövcuddur. Yüzlərlə, minlərlə fərddən ibarət koloniyalarda yaşayan meşə qarışqalarının koloniyası olaraq düşmənlərlə mübarizə aparmaq üçün effektiv silahları var. Təhlükə yuxarıdan gələndə, qarışqalar potensial yırtıcıya (məsələn, ac bir quşa) doğru qarınlarından qarışqa turşusu kimi tanınan metan turşusu fişqırdırlar (Şəkil 2.1). Bu birləşmə bir çox qarışqa növü tərəfindən istehsal olunsa da, çoxunda turşu xaricə fişqırdılır. Belə növlərdə turşunun qarışqanı parazit mikroblardan qoruyan dezinfeksiyaedici maddə rolunu oynadığı ehtimal olunur. Kimyəvi maddələrin heyvanlararası ünsiyyətdə, partnyorun cəlb olunmasında, yırtıcılara qarşı müdafiədə istifadəsi artıq uzun müddətdir ki, elmə məlumdur.

Qarışqa və digər həşəratlar üzərində aparılan tədqiqatlar kimyanın canlıların öyrənilməsində vacib rol oynadığını göstərir. Universitet fənlərindən fərqli olaraq, təbiət səliqəli şəkildə biologiya, kimya, fizika kimi ayrı-ayrı sahələrə ayrılmayıb. Bioloqların işi canlıları öyrənməkdir, lakin orqanizmlər və onların mühitləri təbii sistemlər olduğu üçün kimya və fizikadakı anlayışlar onlara da şamildir. Bir sözlə, biologiya multidisiplinardır.

Bu bölmədəki fəsilər canlıların öyrənilməsində istifadə olunan bəzi əsas kimyəvi anlayışlara giriş xarakteri daşıyır. Burada, molekuldan hüceyrəyə gedən yolda canlı və cansız arasındakı bulanıq sərhədi keçəcəyik. Bu fəsil, eyni zamanda bütün maddələri əmələ gətirən kimyəvi elementlərdən bəhs edir.

BAŞLIQ 2.1

Maddə saf bir elementdən, yaxud onların bir neçəsinin birləşməsindən əmələ gəlir

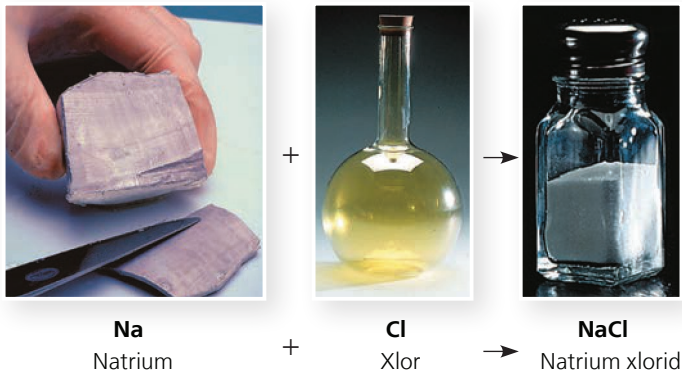
Canlı təbiət **maddədən** təşkil olunub. Fəzada yer tutan və kütləyə malik olan hər şey maddə hesab edilir.¹ Maddə fərqli şəkillərdə olur: daş, metal, yağ, qaz və canlı orqanizmlər maddənin ala biləcəyi, demək olar ki, sonsuz şəkillərdən yalnız bir neçəsidir.

Element və Birləşmə

Maddə elementlərdən təşkil olunub. **Element** isə kimyəvi reaksiya ilə başqa zərrəciklərə parçalana bilməyən vahiddir. Hər bir elementin öz vahid simvolu var və nomenklaturaya görə, bu, həmin elementin ilk iki hərfi ilə göstərilir.

Birləşmə iki və ya daha artıq elementin müəyyən sabit nisbətdə birləşməsindən əmələ gəlir. Məsələn, xörək duzu natrium (Na) və xlorun (Cl) 1:1 nisbətində birləşməsindən əmələ gələn natrium xloriddir (NaCl). Saf natrium metal, saf xlor isə zəhərli qazdır. Kimyəvi yolla birləşən bu iki maddə qidaya çevrilir. Su (H₂O) 2:1 nisbətində hidrogen (H) və oksigen (O) elementlərindən əmələ gələn başqa birləşmədir. Bu sadə nümunələr mütəşəkkil maddənin yaranan xassələrə sahib olduğunu göstərir. Yəni birləşmənin xüsusiyyətləri onu təşkil edən elementlərin xüsusiyyətlərindən fərqlidir (**Şəkil 2.2**).

▼ **Şəkil 2.2 Birləşmənin yaranan xassələri.** Natrium metalı zəhərli qaz olan xlorla birləşərək, yeyilə bilən natrium xloridi, yeni xörək duzunu əmələ gətirir.



¹Gündəlik dildə kütlə ilə çəki sözlərindən eyni mənada istifadə olunsa da, bu iki termin bir-birindən fərqlənir. Kütlə obyektəki maddənin miqdarı ikən, obyektin çəkisi kütləsinin cazibə qüvvəsi tərəfindən hansı güclə dartıldığını göstərir. Kosmonavtın Aydağı çəkisi Yerdəkinin 1/6-i olsa da, kütləsi hər iki məkanda eynidir. Lakin Yer kürəsində yaşadığımız müddətcə, çəki kütlənin ölçüsü olduğundan, gündəlik dildə bir-biri ilə əvəzlənməsi normaldır.

Canlı Təbiətin Elementləri

92 təbii elementin təxminən 20-25%-i orqanizmin sağlam həyat sürüb çoxala bilməsi üçün lazım olan zəruri elementlərdir. Orqanizmlərin zəruri element ehtiyacı oxşar olsa da, fərqliliklər də mövcuddur. Məsələn, insanlar 25 elementə ehtiyac duyduğu halda, bitkilərə yalnız 17 element lazımdır.

Canlı maddənin 96%-ni sadəcə dörd element — oksigen (O), karbon (C), hidrogen (H) və azot (N) — təşkil edir. Kalsium (Ca), fosfor (P), kalium (K), kükürd (S) və bir neçə element orqanizm çəkisinin qalan 4%-nin böyük hissəsini təşkil edir. **Səpələnmiş elementlər** orqanizm tərəfindən çox kiçik miqdarda tələb olunan elementlərdir. Dəmir (Fe) kimi bəzi səpələnmiş elementlərə bütün canlıların ehtiyacı var; digərlərinə isə yalnız müəyyən orqanizmlər ehtiyac duyur. Məsələn, onurğalılarda (bel sümüyünə malik heyvanlar) yod (I) tiroid vəzi tərəfindən istehsal olunan bir hormonun vacib tərkib hissəsidir. Gündəlik sadəcə 0.15 mg yod qəbulu insan tiroidinin normal funksiyası üçün kifayətdir. Qida-da yod əskikliyi zob xəstəliyi kimi bilinən tiroid vəzinin anormal dərəcədə böyüməsinə gətirib çıxarır. Dəniz məhsulları və yodlaşdırılmış duzun qəbulu zob xəstəliyi ehtimalını azaldır. İnsan bədənindəki bütün elementlərin nisbi miqdarı **Cədvəl 2.1**-də göstərilmişdir.

Təbiətdə olan elementlərdən bəziləri canlılar üçün zəhərlidir. Məsələn, arsen (As) insanlarda bir sıra xəstəliklərə yol açır, yaxud öldürücü ola bilər. Dünyanın bəzi yerlərində arsen, təbii halda mövcuddur və yeraltı sulara qarışa bilər. Cənubi Asiyada quyu suyu istifadə edən milyonlarla insan bilmədən arsenli su qəbul etmişdir. Hal-hazırda bu insanların su ehtiyatlarındakı arsen səviyyəsini azaltmaq üçün addımlar atılır.

Cədvəl 2.1 İnsan vücudundakı elementlər

Element	Simvol	Vücuddakı nisbəti (su daxil)
Oksigen	O	65.0 %
Karbon	C	18.5 %
Hidrogen	H	9.5 %
Azot	N	3.3 %
Kalsium	Ca	1.5 %
Fosfor	P	1.0 %
Kalium	K	0.4 %
Kükürd	S	0.3 %
Natrium	Na	0.2 %
Xlor	Cl	0.2 %
Magneziyum	Mg	0.1 %

Səpələnmiş elementlər (kütləcə 0.01%-dən az olan): Bor (B), xrom (Cr), kobalt (Co), mis (Cu), flor (F), yod (I), dəmir (Fe), manqan (Mn), molibden (Mo), selen (Se), silisium (Si), qalay (Sn), vanadium (V), sink (Zn).

DATANI ŞƏRH ET ➤ Cədvəldə verilənlərə görə oksigenin insan vücudundakı faizi çox yüksəkdir. Sizcə oksigenin bu qədər yüksək olmasının səbəbi hansı birləşmədir?

▼ **Şəkil 2.3 Serpentin bitki biosenozu.** Bu bitkilər, adi bitkilər üçün zəhərli olan elementlərlə zəngin serpentin torpaqlarda yaşayır. Çərçivələrdə serpentin süxuru və bitkilərdən biri olan Tiburon Mariposa zanbağı (*Caolochortus tiburonensis*) yaxından göstərilmişdir. Bu xüsusilaşmış növə sadəcə San-Fransisko körfəzinə uzanan Tiburon yarımadasındakı bu təpədə rast gəlmək mümkündür.



Tədqiqat Nümunəsi: Zəhərli Elementlərə Qarşı Düzümlülüyün Təkamülü

TƏKAMÜL Bəzi canlılar başqaları üçün zəhərli sayılan elementlərin mövcud olduğu mühitlərdə yaşamağa alışıb. Bunlara misal olaraq serpentin bitki biosenozunu göstərə bilərik. Serpentin yaşımabənzər mineraldır və yüksək qatılıqda xrom, nikel və kobalt kimi elementləri ehtiva edir. Bir çox bitki serpentin süxurlarından əmələ gələn torpaqda yaşaya bilməsə də, bəziləri belə mühitdə yaşamağa uyğunlaşmışdır (**Şəkil 2.3**). Güman ki, bu bitkilərin qeyri-serpentin əcdadlarının bu torpaqlarda yaşaya bilən çeşidləri ortaya çıxmış və daha sonra təbii seçmə nəticəsində bu ərazilərdə müasir növlər yaranmışdır. Tədqiqatçılar serpentinə uyğunlaşmış bitkilərdən istifadə edərək, ağır metallarla çirkləndirilmiş torpaqlardakı zəhərli metalları toplayıb təhlükəsiz şəkildə aradan qaldırmağın mümkünliyini öyrənirlər.

YOXLAMA 2.1

1. **ƏLAQƏ QUR** Xörək duzunun yaranan xassələri nədir? (Başlıq 1.1.)
2. Səpələnmiş elementlər zəruri elementlərdirmi? İzah edin.
3. **ƏGƏR? >** Dəmir insanın qırmızı qan hüceyrəsində oksigeni daşıyan molekul olan hemoglobinin funksiyası üçün lazım olan səpələnmiş elementdir. Dəmir azlığının nəticələri nə ola bilər?
4. **ƏLAQƏ QUR** Təbii seçmə serpentin süxurlara düzümlü növlərin təkamülündə nə kimi rol oynaya bilər?

BAŞLIQ 2.2

Elementin xüsusiyyətləri onu təşkil edən atomların strukturundan asılıdır

Hər bir element, digər elementlərdəkindən fərqlənən müəyyən növ atomdan ibarətdir. **Atom** elementin xüsusiyyətlərini əks etdirən maddənin ən kiçik vahididir. Atomlar çox kiçikdirlər; belə ki, təxminən bir milyon atomu yanaşı düzsək, bu cümlənin sonundakı nöqtənin diametri qədər yer tutar. Atomlar onu təşkil edən elementin simvolu ilə göstərilir. Məsələn, C karbonun simvolu olduğu kimi, bir karbon atomunu da işarə edir.

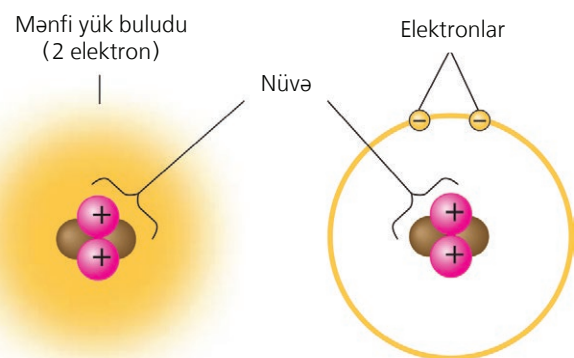
Elementar Zərrəciklər

Atom elementin xassələrinə malik ən kiçik vahid olsa da, özlüyündə daha kiçik olan *elementar zərrəciklərdən* ibarətdir. Fiziklər atomdan yüksək enerjili toqquşma vasitəsilə yüzdən çox zərrəcik növü əldə ediblər, lakin burada onların sadəcə üçündən bəhs edəcəyik: **neytron**, **proton** və **elektron**. Proton və elektronlar elektrik yükünə sahibdir. Hər protonun bir vahid müsbət yükü, hər elektronun isə bir vahid mənfi yükü vardır. Neytron isə, adından da göründüyü kimi, neytraldır.

Proton və neytronlar **atom nüvəsi** adlı özəkdə sıx şəkildə yerləşiblər. Proton nüvəyə müsbət yük qazandırarkən, sürətlə hərəkət edən elektronlar nüvə ətrafında mənfi yük “buludu” əmələ gətirir ki, bu əks yüklərin cazibəsi elektronları nüvənin ətrafında saxlayır.

Şəkil 2.4-də helium atomunun çox istifadə olunan iki modeli göstərilmişdir.

▼ **Şəkil 2.4 Helium (He) atomunun sadələşdirilmiş modeli.** Helium nüvəsi 2 neytron (qəhvəyi) və 2 protondan (çəhrayı) ibarətdir. Nüvənin kənarında 2 elektron (sarı) var. Bu modellərdə ölçülər reallığı əks etdirmir; nüvənin elektron buluduna nisbətə ölçüsü böyükdür.



(a) Bu modeldəki iki elektron nüvə ətrafındakı hərəkətlərinə görə mənfi yük buludları kimi göstərilmişdir.

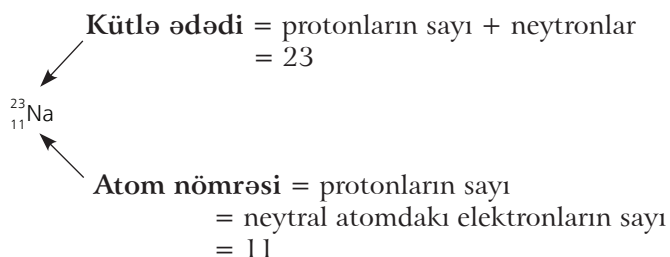
(b) Daha da sadələşdirilmiş bu modeldə isə elektronlar nüvə ətrafında dövrə vuran iki kiçik sarı küre olaraq göstərilib.

Neytron və protonun kütləsi bir-birinə yaxın olub, təxminən 1.7×10^{-24} qramdır (g). Qram və digər gündəlik vahidlər bu qədər kiçik cisimlərin kütləsini təsvir etmək üçün uyğun deyil. Buna görə də atom və elementar zərrəciklər (eləcə də, molekullar) üçün 1800-cü illərdə atom nəzəriyyəsinin inkişafına töhfə verən britaniyalı alim John Daltonun adını daşıyan ölçü vahidi **dalton-dan** istifadə edirik. (Dalton sizə başqa yerlərdə rast gəldiyiniz atom kütlə vahidi və ya a.k.v ilə eyni şeydir). Neytron və protonların kütləsi 1 daltona yaxındır. Elektronun kütləsi neytron və ya protonun kütləsinin 1/2000-i olduğundan, atomun ümumi kütləsini hesablayanda elektronları nəzərə almaya bilərik.

Atom Nömrəsi və Kütləsi

Fərqli elementlərin atomları elementar zərrəcik sayına görə bir-birindən fərqlənir. Müəyyən bir elementin bütün atomlarındakı proton sayı eynidir. Elementə xas olan bu proton sayı **atom nömrəsi** adlanır və elementin simvolunun sol aşağısına yazılır. Məsələn, ${}^4_2\text{He}$ qısaltması helium elementinə aid atomun nüvəsində 2 protonun olduğunu bildirir. Əksi göstərilmədiyi müddətcə, atomun elektrik yükü olmur, yəni protonlar eyni sayda elektronla tarazlanır. Buna görə də atom nömrəsi proton sayından əlavə, elektrik yükü olmayan atomda elektronların sayına da bərabərdir.

Neytronların sayını **kütlə ədədi** adlanan və atomun nüvəsindəki proton və neytronların ümumi sayını göstərən ədədlə hesablamaq bilərik. Kütlə ədədi elementin simvolunun sol yuxarı hissəsində yazılır. Məsələn, helium atomunu ${}^4_2\text{He}$ şəklində göstərə bilərik. Atom nömrəsi protonların sayını göstərdiyi üçün, kütlə ədədindən atom nömrəsini çıxanda neytronların sayı əldə olunur. Nümunəmizdəki ${}^4_2\text{He}$ helium atomunun 2 neytronu var. Natrium (Na) üçün:



$$\text{Neytronların sayı} = \text{kütlə ədədi} - \text{atom nömrəsi} \\ = 23 - 11 = 12$$

Ən sadə atom hidrogendir: ${}^1_1\text{H}$. Onun heç bir neytronu yoxdur. Bir ədəd proton ilə bir elektrondan ibarətdir.

Elektronların kütləyə töhfəsi əhəmiyyətsiz dərəcədə kiçik olduğundan, atomun, demək olar ki, bütün kütləsi

nüvədə cəmlənib. Hər bir neytron və protonun kütləsi 1 daltona yaxın olduğu üçün kütlə ədədi **atom kütləsi** adlanan atomun ümumi kütləsinə çox yaxın, lakin ondan bir qədər fərqli olur. Məsələn, natriumun (${}^{23}_{11}\text{Na}$) kütlə ədədi 23 dalton olsa da, atom kütləsi 22.9898 daltondur.

İzotoplar

Müəyyən bir elementin bütün atomlarında proton sayı eyni olsa da, bəzilərində neytron sayı digərlərindən daha çoxdur və buna görə də bu atomların kütləsi digərlərindən böyük olur. Eyni elementin fərqli atom formalarına elementin **izotopları** deyilir. Elementlər təbiətdə izotop qarışığı şəklində mövcud olur. Məsələn, atom nömrəsi 6 olan karbon elementinin üç təbii izotopu var. Ən çox rast gəlinən izotop karbon-12, [${}^{12}_6\text{C}$], təbiətdəki karbonun 99%-ni təşkil edir. [${}^{12}_6\text{C}$] izotopunun 6 neytronu var. Karbonun yerdə qalan 1%-nin böyük hissəsi 7 neytronlu [${}^{13}_6\text{C}$] izotopudur. Üçüncü və daha nadir olan isə 8 neytronlu [${}^{14}_6\text{C}$] izotopudur. İzotopların hər birində 6 protonun olduğuna diqqət yetirin; əks halda onlar karbon olmazdılar. Elementin izotoplarının kütləsi cüzi fərqlənsə də, kimyəvi reaksiyalarda eyni cür davranırlar. (Birdən çox təbii izotopu olan elementin atom kütləsi izotopların atom kütlələrinin təsadüf olunma tezliklərini də nəzərə almaqla hesablanan ədədi ortasıdır).

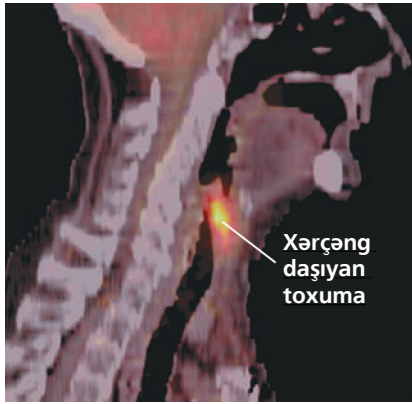
Həm ${}^{12}\text{C}$, həm də ${}^{13}\text{C}$ stabil izotoplardır, yəni nüvələrinin elementar zərrəciklər itirərək parçalanma təmayülü yoxdur. ${}^{14}\text{C}$ izotopu isə qeyri-stabil, yəni radioaktivdir. **Radioaktiv izotop** nüvəsi öz-özünə parçalanaraq enerji və zərrəciklər ortaya çıxaran atomdur. Radioaktiv parçalanma proton sayında dəyişikliyə gətirib çıxardıqda, atomu başqa bir elementin atomuna çevirmiş olur. Məsələn, karbon-14 (${}^{14}\text{C}$) atomu parçalandıqda, proton itirərək azot (${}^{14}\text{N}$) atomuna çevrilir. Radioaktiv izotopların biologiyada çox sayda yararlı tətbiqi var.

Radioaktiv İzləyicilər

Radioaktiv izotoplar tibbdə diaqnostik vasitə kimi geniş istifadə olunur. Hüceyrələr həm qeyri-radioaktiv, həm də radioaktiv izotoplardan istifadə edə bilər. Radioaktiv izotoplar bioloji aktiv molekulların tərkibinə daxil edilir və bu molekullar sayəsində metabolizmdə atomların orqanizm boyu hərəkəti izlənilir. Məsələn, bəzi böyrək xəstəliklərinin diaqnozunda radioaktiv atomlarla işarələnmiş maddələr kiçik doza ilə qana yeridilir və daha sonra sidikdəki izləyici molekullar analiz olunur. Radioaktiv izləyicilər PET skanerləri kimi bədəndəki xərcəng toxumalarının böyüməsini və metabolizmini ölçmək bacarığına malik mürəkkəb görüntüləmə aparatları ilə birlikdə istifadə olunur (**Şəkil 2.5**).

Radioaktiv izotoplar bioloji tədqiqatlarda və tibbdə əhəmiyyətli olsa da, parçalanan izotoplardan əmələ gələn radiasiya hüceyrədəki molekulları zədələyərək sağlamlığı təhlükə altına sala bilər. Zədələnmənin ciddiyyəti orqanizmin qəbul etdiyi radiasiyanın növündən və

➤ **Şəkil 2.5 Radioaktiv izotopun tibbdə istifadəsinə nümunə: PET görüntüsü.** Pozitron-emissiya (şüalanma) tomoqrafiyası (PET) bədəndə yüksək kimyəvi fəallığın olduğu yerləri aşkar edir. Açıq-sarı rəngli bölgə radioaktiv nişanlı qlükozun çox olduğu yeri göstərir ki, bu da öz növbəsində, xərçəng toxumasının səciyyəvi xüsusiyyəti olan yüksək metabolik fəallığa işarədir.



miqdarından asılıdır. Ətraf mühit üçün ən ciddi təhlükələrdən biri nüvə qəzalarından yaranan radioaktiv çöküntüdür. Bunun əksinə, tibbi diaqnostikada istifadə olunan izotopların dozası daha təhlükəsizdir.

Radiometrik Tarixləmə

TƏKAMÜL Tədqiqatçılar fosillərdəki radioaktiv parçalanmanı ölçərək keçmişdə yaşamış canlıların hansı dövrə aid olduğunu öyrənirlər. Fosillər bizə keçmiş və indiki orqanizmlər arasındakı fərqləri ortaya çıxarmağa, bir zamanlar yaşayıb yoxa çıxmış növlər haqda bilgilər əldə etməyə imkan verir və təkamül üçün böyük dəlil toplusu əmələ gətirir. Fosil yataqlarında dərin qatlarda yerləşən fosillər daha qədim olsa da, onların dəqiq yaşını (il vahidi ilə) təyin etmək üçün qatlardakı mövqeyini bilmək kifayət deyil. Bu məsələdə köməyimizə radioaktiv izotoplar çatır.

“Ana” izotopun “bala” izotopa parçalanması sabit sürətdə gedir ki, bu, izotopun **yarımlanma müddəti** ilə ifadə edilir. Yarımlanma müddəti “əcdad” izotopun 50%-nin parçalanması üçün lazım olan vaxtdır. Hər bir izotopun temperatur, təzyiq və digər mühit amillərindən asılı olmayan səciyyəvi yarımlanma müddəti var. Alimlər **radiometrik tarixləmə** adlanan metoddan istifadə edərək, fərqli izotopların bir-birinə nisbətini ölçür və orqanizmin fosilləşməsi, yaxud qayanın əmələ gəlməsindən bu yana neçə yarımlanma müddətinin (il) keçdiyini hesablaya bilirlər. Yarımlama müddəti bəzi izotoplarda saniyələr, günlərlə davam etdiyi halda, bəzilərinə bu proses milyardlarla il çəkir. Məsələn, Uran-238 izotopunun yarımlanma müddəti 4.5 milyard ildir. Hər bir izotopun yaxşı “ölçüyü” müəyyən müddət aralığı var: Ay daşlarının Yer kürəsi ilə təxminən eyni yaşda, yəni 4.5 milyard il olduğunu təyin etmək üçün uran-238 izotopundan istifadə edilmişdir. **Elmi Bacarıq** **Məşğələsində** vacib bir fosilin yaşını karbon-14 izotopu vasitəsilə təyin etmiş təcrübənin datası ilə işləyə bilərsiniz. (Şəkil 25.6-də fosillərin radiometrik tarixlənməsi barədə əlavə məlumatlar var).

Elektronların Enerji Səviyyələri

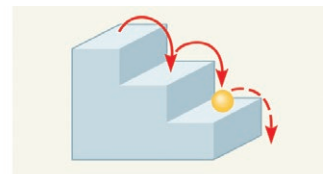
Şəkil 2.4-dəki sadələşdirilmiş modellərdə atomun ümumi ölçüsünə nisbətə nüvənin ölçüsü həddən artıq böyüdülmüşdür. Helium atomunun ölçüsü futbol meydançası böyüklüyündə olsaydı, nüvəsinin ölçüsü meydançanın mərkəzinə qoyulmuş karandaş pozanı boyda bir şey olardı. Elektronlar isə meydançanın ətrafında uçan kiçik ağcaqanadlara bənzəyirdi. Atom əsasən boşluqdan ibarətdir. Kimyəvi reaksiya zamanı iki atom bir-birinə yaxınlaşanda, onların nüvələri bir-birinə qarşılıqlı təsir edəcək qədər yaxınlaşmır. Bəhs olunan üç elementar zərrəcikdən yalnız biri, elektronlar kimyəvi reaksiyalarda birbaşa iştirak edir.

Atomun elektronları sahib olduqları enerji miqdarına görə bir-birindən fərqlənir. **Enerji** dəyişikliyə səbəb olma (məsələn, iş görmək) qabiliyyəti kimi tərif olunur. **Potensial enerji** maddənin mövqeyinə və ya struktura görə sahib olduğu enerjidir. Məsələn, təpədə yerləşən anbardakı su təpənin hündürlüyünə görə müəyyən potensial enerjiyə malikdir. Anbarın qapıları açılanda su üzəaşağı axır və enerjisi müəyyən işlər görmək üçün, məsələn, turbinin pərlərini hərəkətə gətirib, elektrik enerjisi əldə etmək üçün istifadə olunur. Enerji sərf edildiyindən, təpənin aşağısındakı suyun enerjisi yuxarıdakı suyun enerjisindən azdır. Maddənin mümkün ən aşağı potensial enerjili halına keçməyə təbii bir meyli var; məsələn, bizim misalda bunu suyun üzəaşağı axmasında görmək olar. Anbarın potensial enerjisini yenilmək üçün suyu cazibə qüvvəsinin əksinə, yəni yuxarı vuraraq enerji sərf etmək lazımdır.

Atomdakı elektronlar nüvədən olan məsafələrinə mütənəsb potensial enerjiyə malikdir (**Şəkil 2.6**). Mənfə

➤ **Şəkil 2.6 Atomdakı elektronların enerji səviyyələri.** Elektronlar ancaq müəyyən potensial enerji səviyyələrinə malik elektron təbəqələrində mövcud ola bilər.

(a) Pilləkənlə aşağı diyirlənən top pillələrin arasında yox, ancaq pillələrdə dayanı bilər. O cümlədən, elektron da enerji səviyyələri arasında yox, müəyyən səviyyələrdə mövcud ola bilər.



Üçüncü təbəqə (Bu modelin ən yüksək enerji səviyyəsi)

İkinci təbəqə (Birinciye nəzərən daha yüksək enerji səviyyəsi)

Birinci təbəqə (Ən aşağı enerji səviyyəsi)

Atomun nüvəsi

Enerji udulur

Enerji itirilir

(b) Elektronun bir təbəqədən digərinə keçməsi üçün enerji qazancı və ya itkisinin miqdarı, ilkin və son vəziyyət arasındakı potensial enerji fərqi ilə bərabər olmalıdır. Modeldəki oxlar potensial enerji səviyyəsindəki mümkün mərhələli enerji dəyişmələrini göstərir.

Standart Radioaktiv İzotop Parçalanma əyrisinin Kalibrasiyası və Datanın Şərhi

Neandertallar Müasir İnsanlarla Birgə Nə Qədər Yaşayıblar?

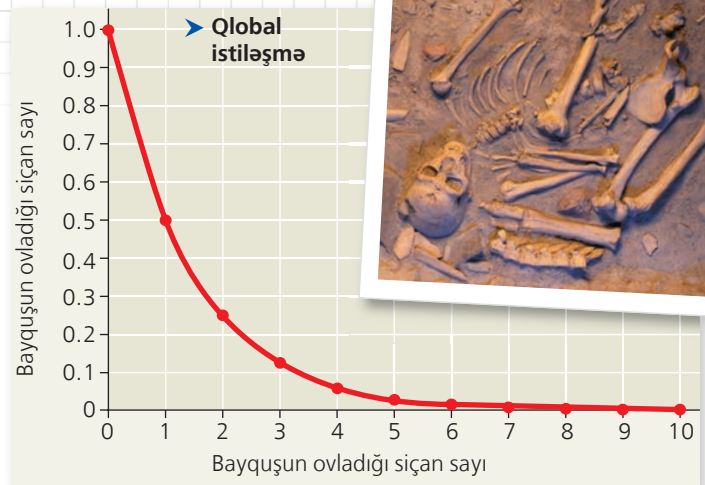
Neandertallar (*Homo neanderthalensis*) 350 000 il bundan əvvəl Avropada yaşamış və nəsiləri kəsilənədək yüz və ya min illərlə Avrasiyanın bəzi bölgələrində erkən *Homo sapiens* ilə birlikdə mövcud olmuşdurlar. Tədqiqatçılar bu ərazilərdə yaşamış son neandertalların nə vaxt yaşadığını təyin edərək, bu iki növün paralel mövcudluğunun nə qədər davam etdiyini öyrənməyə çalışmışlar. Bu məqsədlə, neandertal sümüklərin yerləşdiyi ən yeni (ən üst) arxeoloji təbəqədən çıxan neandertal fosilinin yaşını təyin etmək üçün karbon-14 tarixləməsindən istifadə etmişdirlər. Məşğələdə standart karbon-14 parçalanma əyrisini kalibrasiya etdikdən sonra, ondan istifadə edərək Şimali Qafqazdakı Mezmay mağarasından tapılmış bu neandertal fosilinin yaşını təyin etməlisiniz. Fosilin yaşı həmin ərazidə sözügedən iki növün hansı zamanadək birgə yaşadığını təxmin etməyə imkan verir.

Təcrübə Necə Aparılmışdır? Karbon-14 (^{14}C) karbonun ^{14}N atomuna sabit sürətdə parçalanmış radioaktiv izotopudur. Çox kiçik miqdarda mövcud olan bu atomu atmosferdə digər iki izotopu olan ^{13}C və ^{12}C izotopların sabit nisbətdə təsadüf olunur. Karbon bitki tərəfindən fotosintez üçün udulduqda, ^{12}C , ^{13}C və ^{14}C bitkiyə atmosferdə olduqları nisbətdə daxil olur. Bu nisbətlər bitkini yeyən heyvanın toxumasında da sabit qalır. Orqanizm yaşadığı müddətcə bədənindəki ^{14}C davamlı olaraq ^{14}N -ə parçalanırsa da, mühitdən daxil olan yeni karbonla əvəzlənir. Canlı öldükdən sonra yeni ^{14}C qəbulu dayanır, lakin toxumalarındakı ^{14}C atomunun parçalanması davam edir; toxumalardakı ^{12}C izotopunun miqdarı isə dəyişməz qalır, çünki o radioaktiv deyil və parçalanmır. Beləliklə, alimlər fosildəki ^{14}C -ün ^{12}C -yə nisbətini atmosferdəki nisbətlə müqayisə edərək, ilkin ^{14}C ehtiyatının parçalanma müddətini öyrənə bilir. ^{14}C -ün yarımlanma müddətinin 5 730 il olduğunu bildiyimizə görə, fosildəki ^{14}C miqdarının ilkin ^{14}C miqdarına olan nisbətini illərlə ifadə etmək mümkündür. Başqa sözlə, hər 5 730 ildən bir fosildəki ^{14}C -ün yarısı parçalanır.

Təcrübə Datası Tədqiqatçılar neandertal fosilindəki ^{14}C -ün atmosferdəki ^{14}C miqdarının 0.0078-i (və ya elmi yazılışla göstərsək, 7.8×10^{-3}) olduğunu təyin etmişdirlər. Aşağıdakı suallar bu nisbəti fosilin yaşına çevirmə prosesində sizə bələdçilik edəcək.

DATANI ŞƏRH EDİN

1. Radioaktiv izotopun standart parçalanma əyrisi qrafikdə göstərilmişdir. Qrafik xətti yarımlanma müddəti vahidi ilə radioaktiv izotop nisbətini zamanla necə dəyişdiyini göstərir. Yarımlanma müddəti radioaktiv elementin yarısının parçalanması üçün gərəkli vaxtdır. Hər data nöqtəsini müvafiq nisbətlə işarələmək qrafikdən istifadəni asanlaşdıracaq. Qrafik xətti üzərində yerləşən, yarımlanma müddətinin 1 olduğu data nöqtəsindən izotop nisbəti oxuna xətt çəkin və bir yarımlanma müddətindən sonra neçə faiz ^{14}C



Data mənbəyi: R. Pinhasi et al., Revised age of late Neanderthal occupation and the end of the Middle Paleolithic in the northern Caucasus, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 147:8611–8616 (2011). doi 10.1073/pnas.1018938108

qalacağını qeyd edin. Eyni yolla hər yarımlanma müddətindən sonra yerdə qalan ^{14}C nisbətini neçə olduğunu təyin edib, qrafikin kənarına yazın. Hər nisbəti onluq kəsre çevirib, maksimum üç mühüm rəqəmədək yuvarlaqlaşdırın (rəqəmin əvvəlindəki sıfırlar mühüm deyil). Həmçinin, hər bir onluq kəsri elmi yazılışla göstərin.

- ^{14}C -ün yarımlanma müddəti 5 730 ildir. x oxunu ^{14}C parçalanması üçün kalibrasiya etməkdən ötrü keçən zamanı il vahidi ilə hər bir yarımlanma müddətinin altına yazın.
- Tədqiqatçılar neandertal fosilindəki ^{14}C miqdarının atmosferdəki ^{14}C miqdarına olan nisbətini təxminən 0.0078 olduğunu bilirlər. (a) Qrafikinizdəki rəqəmlərdən istifadə edərək neandertalın ölümündən bu yana neçə yarımlanma müddətinin keçdiyini hesablayın. (b) x oxuna etdiyiniz ^{14}C kalibrasiyasından istifadə edərək, neandertal fosilinin təxminən neçə yaşı olduğunu təyin edin (minliklərə qədər yuvarlaqlaşdırın). (c) Bu araşdırmaya görə, neandertalların nəslə təxminən nə vaxt kəsilməmişdir? (d) Tədqiqatçılar məqalədə müasir insanların (*H. sapiens*) bu ərazidə təxminən 39 000 – 42 000 il əvvəl məskunlaşdığını ilə bağlı tapıntılardan bəhs edirlər. Bu, neandertallarla müasir insanların paralel yaşayışı ilə bağlı sizə nə deyir?
- Karbon-14 tarixləməsi yaşı maksimum 75 000 ilə qədər olan fosillərdə nəticə verir. Qatılıq çox aşağı olduğu üçün bundan qədim fosillərin ^{14}C miqdarını ölçmək mümkün deyil. Dinozavrların çoxunun nəslə 65.5 milyon il bundan əvvəl kəsilməmişdir. (a) Karbon-14-dən dinozavr sümüklərini tarixləmək üçün istifadə etmək olarmı? (b) Radioaktiv uran-235-in yarımlanma müddəti 704 milyon ildir. Əgər dinozavr sümüklərində uran-235 olsaydı, onu dinozavr fosillərini tarixləmək üçün istifadə etmək olardı mı? Cavabınızı izah edin.

yüklü elektron müsbət yüklü nüvə tərəfindən cəzb olunur. Elektronu nüvədən kənarlaşdırmaq üçün iş görülməlidir. Ona görə də elektron nüvədən nə qədər uzaq olsa, o qədər yüksək potensial enerjiyə malik olur. Suyun üzəşəğı tədrici axısından fərqli olaraq, elektronun potensial enerji dəyişikliyi müəyyən sabit ölçülü pillələrlə baş verir. Müəyyən enerjiyə sahib olan elektronu

pilləkəndə duran top kimi təsəvvür etmək olar (Şəkil 2.6a). Hansı pillədə olduğundan asılı olaraq, elektronun fərqli miqdarda potensial enerjisi var, lakin elektron pillələr arasında ola bilməz. Eynilə top kimi, elektronun da potensial enerjisini hansı enerji səviyyəsində olduğu təyin edir. Elektron ara nöqtələrdə yox, ancaq müəyyən konkret enerji səviyyələrində ola bilər.

Elektronun enerjisi onun nüvədən olan orta uzaqlığına mütənasibdir. Elektronlar hər biri səciyyəvi orta uzaqlığa və enerji səviyyəsinə sahib fərqli **elektron təbəqələrində** yerləşir. Şəkil 2.6b-dəki diaqramlarda olduğu kimi, təbəqələr adətən ortaq mərkəzli halqalar şəklində göstərilir. Birinci təbəqə nüvəyə ən yaxın olanıdır və buradakı elektronlar ən aşağı potensial enerjiyə sahibdir. İkinci təbəqədəki elektronlar birinci təbəqədəkindən, üçüncüdəkilər isə ikincidən də çox enerjiyə sahibdir. Elektronlar yalnız enerji udaraq və ya itirərək bir təbəqədən digərinə keçə bilər. Bunun üçün itirilən və ya udulan enerji miqdarı ilkin vəziyyətdəki potensial enerji ilə son vəziyyətdəki potensial enerjinin fərqinə bərabər olmalıdır. Elektron enerji udduqda nüvədən daha uzaqda yerləşən təbəqəyə çıxır. Məsələn, işıq enerjisi elektronu daha yüksək enerji səviyyəsinə çıxara bilər. (Bu, bitkilərdə işıq enerjisi vasitəsilə karbon dioksid və sudan qida maddələri istehsal edən fotosintez prosesinin birinci mərhələsidir. Fotosintez haqda Fəsil 10-da daha ətraflı öyrənəcəksiniz). Enerji itirdikdə isə elektron nüvəyə yaxın təbəqəyə “düşür” və itirilən

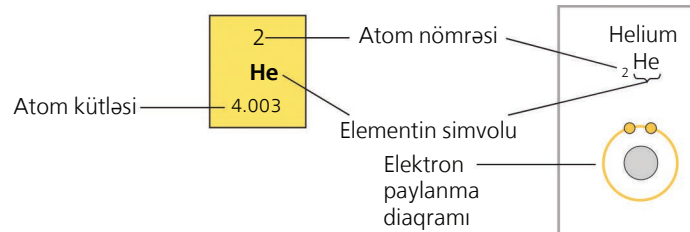
enerji mühitə çox vaxt istilik olaraq buraxılır. Məsələn, günəş işığı avtomobilin səthindəki elektronları daha yüksək enerji səviyyələrinə qaldırır. Elektronlar əvvəlki səviyyəyə düşdükdə isə avtomobilin səthi qızır. Bu termal enerji havaya keçə və ya maşına toxunduğunuz halda əlinizə ötürülə bilər.

Elektron Paylanması və Kimyəvi Xassələr

Atomun kimyəvi davranışı elektronlarının təbəqələrdə paylanmasından asılıdır. Ən sadə atom olan hidrogendən başlayaraq, 1 proton və 1 elektron (və müvafiq sayda neytron) əlavə etməklə digər elementlərin atomlarını inşa etdiyimizi təsəvvür edək. *Elementlərin dövrü cədvəlinin* dəyişdirilmiş formasının göstərildiyi **Şəkil 2.7**-də hidrogendən (${}^1_1\text{H}$) argonadək (${}^{18}_{18}\text{Ar}$), ilk 18 elementin elektron paylanması göstərilmişdir. Elementlər təbəqələrindəki elektronların sayına uyğun olaraq üç sətir və ya *dövrələr* boyu düzülmüşdür. Hər sətir boyu soldan-sağa getdikcə, elektron və protonlar əlavə olunur. (Tam dövrü cədvəl üçün Əlavə B-yə baxın).

▼ **Şəkil 2.7 Dövrü cədvəlin ilk 18 elementi üçün elektron paylanma diaqramları.** Standart dövrü cədvəldə (Əlavə B) hər bir element haqda məlumat helium nümunəsində göstərilirdiyi kimi təqdim olunur. Bu cədvəldəki diaqramlarda elektronlar sarı nöqtələr, elektron təbəqələri isə ortaq mərkəzli halqalar kimi göstərilmişdir. Belə sadələşdirilmiş diaqramlar atomun elektronlarının təbəqələr boyu paylanmasını göstərməyin rahat yolu olsa da, atomun strukturunu, elektronlarının yerini düzgün təsvir etmir. Elementlər, hər biri bir elektron təbəqəsinin dolmasını göstərən sətirlər boyu düzülmüşdür. Elektronlar əlavə olunduqca, mümkün olan ən kənar təbəqəni tuturlar.

Birinci təbəqə	Hidrogen ${}^1_1\text{H}$							
İkinci təbəqə	Litium ${}^3_3\text{Li}$	Berillium ${}^4_4\text{Be}$	Bor ${}^5_5\text{B}$	Karbon ${}^6_6\text{C}$	Azot ${}^7_7\text{N}$	Oksigen ${}^8_8\text{O}$	Flor ${}^9_9\text{F}$	Neon ${}^{10}_{10}\text{Ne}$
Üçüncü təbəqə	Natrium ${}^{11}_{11}\text{Na}$	Maqnezium ${}^{12}_{12}\text{Mg}$	Alüminium ${}^{13}_{13}\text{Al}$	Silisiüm ${}^{14}_{14}\text{Si}$	Kükürd ${}^{15}_{15}\text{P}$	...	Xlor ${}^{17}_{17}\text{Cl}$	Argon ${}^{18}_{18}\text{Ar}$



VİZUAL BACARIQ ➤ *Diaqram əsasında, maqneziumun atom nömrəsini təyin edin. Onun neçə protonu və elektronu var? Neçə elektron təbəqəsi var? Neçə valent elektronuna malikdir?*

Hidrogenin 1, heliumun isə 2 elektronu birinci təbəqədə yerləşir. Hər şey kimi, elektronlar da potensial enerjinin mümkün olan ən aşağı səviyyəsində olmaq istəyir. Atom üçün bu vəziyyət birinci təbəqədə olmaq deməkdir. Lakin birinci təbəqə 2-dən artıq elektron saxlaya bilmir; ona görə də hidrogen və heliumdan başqa cədvəlin birinci sətrində heç bir element yerləşmir. 2-dən artıq elektronu olan atomun birinci təbəqəsi dolu olduğundan digər elektronlar daha yuxarı səviyyələrdə yerləşməlidir. Növbəti element olan litiumun 3 elektronu var. Bunlardan ikisi birinci təbəqəni, biri isə ikinci təbəqəni tutur. İkinci təbəqə maksimum 8 elektron tuta bilər. İkinci sətrin sonundakı neonun ikinci təbəqəsində 8, ümumilikdə isə 10 elektronu var.

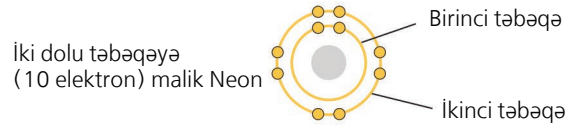
Atomun kimyəvi davranışı əsasən *ən kənar təbəqədəki* elektronların sayından asılıdır. Bu kənar elektronlara **valent elektronlar**, kənar elektron təbəqəsinə isə **valent təbəqə** deyilir. Litiumun ikinci təbəqəsi valent təbəqəsidir və burada yalnız 1 elektronu var. Valent təbəqələrində eyni sayda elektronu olan atomlar oxşar kimyəvi davranış sərgiləyir. Məsələn, flor (F) və xlorun (Cl) hər birinin 7 valent elektronu var və hər biri natrium (Na) elementi ilə birləşmə əmələ gətirə bilər: Natrium florid (NaF) diş çürüməsinin qarşısını almaq üçün diş məcununa əlavə olunur, NaCl isə xörək duzudur (Şəkil 2.2). Valent təbəqəsi dolu olan atom fəal deyil, yəni başqa atomlarla asanlıqla əlaqəyə girmir. Dövri cədvəlin ən sağında yerləşən helium, neon və arqon Şəkil 2.7-də göstərilmiş dolu valent təbəqəyə malik yeganə elementlərdir. Bu elementlər kimyəvi olaraq fəal olmadığından *təsirsiz* adlanırlar. Şəkil 2.7-dəki digər bütün elementlər isə natamam valent təbəqələri olduğuna görə kimyəvi olaraq fəaldırlar.

Elektron Orbitalı

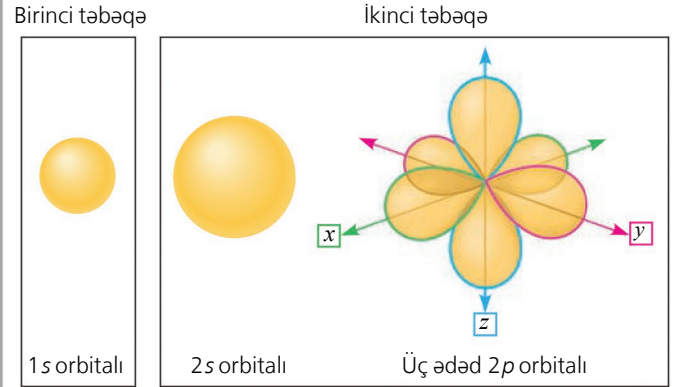
20-ci əsrin əvvəllərində atomun elektron təbəqələrini elektronların nüvə ətrafında hərəkət etdiyi (planetlərin günəş ətrafındakı hərəkətinə bənzər şəkildə) ortaq mərkəzli cığırılar şəklində göstərildilər. Üçölçülü elektron təbəqələrini göstərmək üçün Şəkil 2.7-dəki kimi, ikiölçülü ortaq mərkəzli halqa diaqramlarından istifadə etmək bu gün də mümkündür. Lakin unutmayın ki, hər bir ortaq mərkəzli halqa, həmin təbəqədəki elektronların nüvəyə olan məsafələrinin yalnız ədədi ortasını göstərir. Ona görə də ortaq mərkəzli halqa diaqramları atomun həqiqi görünüşünü əks etdirmir. Əslində, bir elektronun fəzadakı yerini dəqiq bilmək qeyri-mümkündür. Əvəzində, elektronun vaxtının çoxunu keçirdiyi fəzanı təsvir edə bilərik. Elektronun vaxtının 90%-ni keçirdiyi üçölçülü fəzaya **orbital** deyilir.

Hər bir elektron təbəqəsi müəyyən enerji səviyyəsində yerləşən və fərqli ölçü ilə istiqamətə malik orbitallar boyu paylanan elektronlardan ibarətdir. **Şəkil 2.8**-də nümunə olaraq neonun orbitalları və elektron paylanma diaqramı göstərilmişdir. Orbitalı elektron təbəqəsinin bir hissəsi kimi təsəvvür edə bilərsiniz. Birinci təbəqənin yalnız bir kürəvi s orbitalı (1s), ikinci təbəqənin isə dörd orbitalı var: bir böyük kürəvi s orbitalı (2s) və

▼ Şəkil 2.8 Elektron orbitalları.



(a) Elektron paylanma diaqramı. Burada 10 elektrona malik neon atomu üçün elektron paylanma diaqramı göstərilmişdir. Hər bir ortaq mərkəzli halqa bir elektron təbəqəsini göstərir və hər təbəqə elektron orbitallarına ayrılır.



(b) Ayrı-ayrı elektron orbitalları. Üçölçülü strukturlar elektron orbitallarını — elektronun vaxtının çoxunu keçirdiyi fəzanı — göstərir. Bir orbital maksimum 2 elektron tutur. Soldakı birinci elektron təbəqəsi ancaq 1s olaraq işarələnən bir kürəvi (s) orbitala malikdir. Sağdakı ikinci təbəqədə isə bir böyük s orbitalı (2s kimi işarələnən) və üç hantel şəkilli p orbitalı (2p olaraq işarələnən) var. Bu üç 2p orbitalı atomun xəyali x, y və z oxları boyu bir-birinə nəzərən düz bucaqda yerləşirlər. Burada hər bir 2p orbitalının konturu fərqli rənglə boyanmışdır.



(c) Üst-üstə yerləşən orbitallar. Neon orbitallarının bütöv şəklini yaratmaq üçün birinci təbəqədəki 1s orbitalı ikinci təbəqədəki 2s və üç 2p orbitalları ilə üst-üstə göstərilmişdir.

üç hantelə bənzər p orbitalı (2p) var. (Üçüncü və daha yuxarı elektron təbəqələrinin də s və p orbitalları ilə yanaşı daha mürəkkəb şəkilli orbitalları var).

Bir orbitalda ikidən artıq elektron ola bilməz. Ona görə də birinci elektron təbəqəsindəki s orbitalı yalnız 2 elektron saxlaya bilər. Hidrogen atomunun tək elektronu, helium atomunun isə iki elektronu 1s orbitalında yerləşir. İkinci elektron təbəqəsinin dörd orbitalı, hər birində iki elektron olmaq şərtlə, maksimum 8 elektron saxlaya bilər. İkinci təbəqənin dörd orbitalının hər birindəki elektronların enerji miqdarı, demək olar ki, eynidir,

ancaq fəzada fərqli yerlərdə hərəkət edirlər.

Atomun fəallığı valent təbəqəsindəki bir və ya daha artıq orbitalda yerləşən cütləşməmiş elektronların varlığından asılıdır. Növbəti hissədə görəcəyimiz kimi, atomlar bir-birilə valent təbəqələrini dolduracaq şəkildə əlaqəyə girirlər. Prosesdə birbaşa iştirak edənlər məhz bu *cütləşməmiş* elektronlardır.

YOXLAMA 2.2

1. Litium atomunun 3 protonu və 4 neytronu var. Onun kütlə ədədi neçədir?
2. Azot atomunun 7 protonu var; ən çox rast gəlinən azot izotopunun 7 neytronu var. Azotun bir radioaktiv izotopunun 8 neytronu var. Bu radioaktiv azotu atom nömrəsi və kütlə ədədini müvafiq yerlərdə göstərmək şərti ilə kimyəvi simvolla yazın.
3. Florun neçə elektronu var? Neçə elektron təbəqəsi var? Dolu orbitalları hansılardır? Valent təbəqəsini doldurmaq üçün neçə elektrona ehtiyac var?
4. **VİZUAL BACARIQ** > Şəkil 2.7-də eyni sətirdəki elementlərin ortaq xüsusiyyətləri nələrdir? Bəs eyni sütunda yerləşənlərin ortaq xüsusiyyətləri nələrdir?

BAŞLIQ 2.3

Molekulların yaranması və funksiyası atomlar arasında rabitələrin əmələ gəlməsindən asılıdır

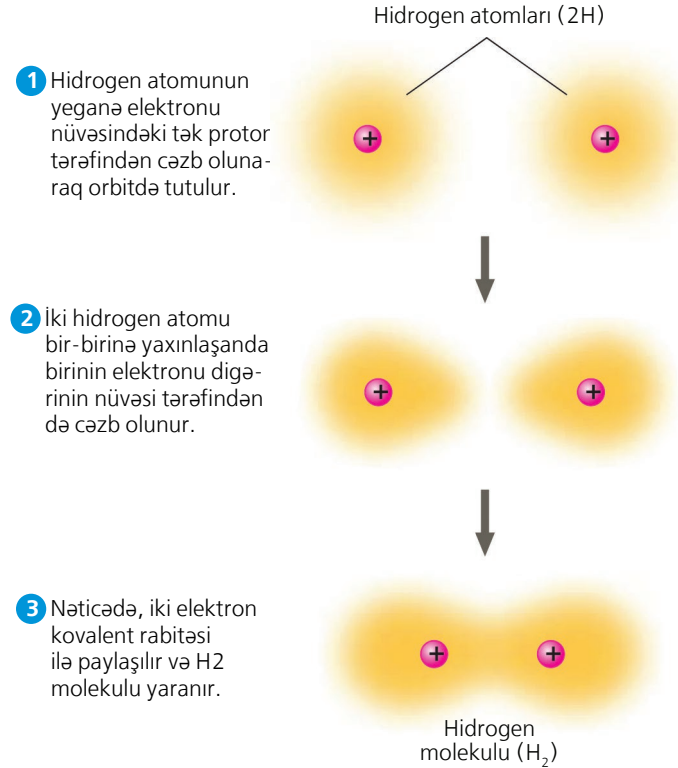
Atomların strukturundan bəhs etdiyimizə görə, artıq bir pillə yuxarı qalxıb onların molekul və birləşmələri necə yaratdığına nəzər sala bilərik. Natamam valent təbəqələrə malik olan atomlar onları doldurmaq üçün bir-birilə əlaqəyə girir. Bu zaman atomlar valent elektronlarını ya paylaşır, ya da ki, bir-birinə ötürür. Qarşılıqlı təsir adətən atomların **kimyəvi rabitələr** tərəfindən bir-birinə yaxın saxlanması ilə nəticələnir. Ən güclü kimyəvi rabitə növü kovalent rabitə və quru ion birləşmələrindəki ion rabitələridir. (İrəlidə görəcəyimiz kimi, sulu məhlullardakı ion rabitələri zəif rabitələrdir).

Kovalent Rabitə

Kovalent rabitə bir cüt valent elektronun iki atom tərəfindən paylaşılmasıdır. Nümunə olaraq, iki hidrogen atomunun bir-birinə yaxınlaşdığı zaman nə baş verdiyinə baxaq. Hidrogen atomunun birinci təbəqəsində 1 elektron olduğunu, lakin hər təbəqənin 2 elektronluq tutumu olduğunu xatırlayaq. İki hidrogen atomu 1s orbitalları üst-üstə düşəcək qədər yaxınlaşdıqda, elektronlarını paylaşa bilər (**Şəkil 2.9**). Nəticədə, hər hidrogen atomu ilə əlaqədə olan 2 elektron olur ki, bu da, tamamlanmış valent təbəqə deməkdir. Kovalent rabitə ilə bir-birinə bağlanan iki və ya daha artıq atoma **molekul** deyilir (burada, hidrogen molekulu).

Şəkil 2.10a hidrogen molekulu nümunəsində fərqli

Şəkil 2.9 Kovalent rabitələrin əmələ gəlməsi.



molekulyar təsvir yollarını göstərir. **Molekul formulu** sadəcə molekulun iki hidrogen atomundan əmələ gəldiyini göstərir (H₂). Elektronların necə paylandığını göstərmək üçün istifadə olunan elektron paylanma diaqramı, yaxud *Lewis nöqtə strukturu* elementin simvolu ətrafında valent elektronlarını təmsil edən nöqtələrin təsviri şəklindədir (H:H). *Struktur formulu* bir xətt ilə **təqəat rabitəni**, yaxud bir cüt ortaq elektronu göstərir (H—H). Modelləri arasında molekulun həqiqi strukturunu daha dəqiq şəkildə *şar modeli* göstərir. (Şəkil 2.15-dən top-çubuq modeli bu modelə bənzərlik göstərir).

Oksigenin ikinci elektron təbəqəsində 6 elektron mövcuddur və onu doldurmaq üçün 2 əlavə elektrona ehtiyacı var. İki fərqli oksigen atomu *iki* cüt valent elektronlarını paylaşaraq bir molekul əmələ gətirir (**Şəkil 2.10b**). Bu şəkildə birləşən atomların əlaqəsi **ikiqat rabitə** adlanır (O=O).

Atomun yarada biləcəyi kovalent rabitə sayı paylaşa bildiyi valent elektronların sayına bərabərdir. Rabitələr yarandıqda atomun valent təbəqəsi tamamilə dolur. Məsələn, oksigenin rabitə tutumu ikidir. Rabitə tutumuna atomun **valentliyi** deyilir və bu ədəd adətən atomun ən kənar (valent) təbəqəsini doldurmaq üçün lazım olan cütləşməmiş elektronların sayına bərabərdir. Şəkil 2.7-dəki elektron paylanma diaqramını nəzərdən keçirərək, hidrogen, oksigen, azot və karbonun valentliyini təyin etməyə çalışın. Diaqramdan hidrogenin valentliyinin 1, oksigenin 2, azotun 3, karbonun isə 4 olduğunu görmək çətin deyil. Dövri cədvəlin üçüncü sətrində yerləşən fosfor üçün isə məsələ bir az qəlizdir; təqəat və ikiqat rabitələrin kombinasiyasından asılı olaraq, fosforun valentliyi 3, yaxud 5 ola bilər.

▼ **Şəkil 2.10 Dörd molekulda kovalent rabitə.** Adətən atomun valent təbəqəsini doldurmaq üçün lazım olan elektron sayı, həmin atomun neçə kovalent rabitə yarada biləcəyini təyin edir. Şəkilə kovalent rabitələrini təsvir etməyin fərqli yolları göstərilmişdir.

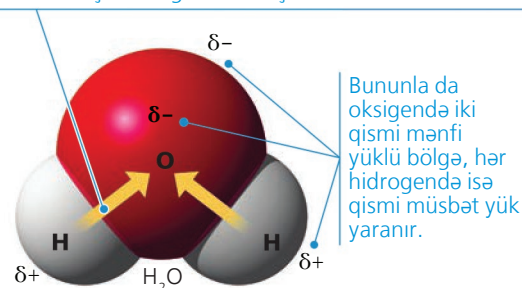
Ad və Molekulyar Formul	Elektron Paylanma Diaqramı	Lewis Nöqtə Strukturu və Struktur Formulu	Şar Modeli
(a) Hidrogen (H₂). İki hidrogen atomu bir cüt elektron paylaşaraq təkqat rabitə yaradır.		H : H H—H	
(b) Oksigen (O₂). İki oksigen atomu iki cüt elektron paylaşaraq ikiqat rabitə yaradır.		Ö :: Ö O=O	
(c) Su (H₂O). İki hidrogen və bir oksigen atomu təkqat rabitələrlə bağlanıb su molekulunu ortaya çıxarır.		:Ö : H H O—H H	
(d) Metan (CH₄). Dörd hidrogen atomu bir karbon atomunun valentliyini tamamlayaraq metan əmələ gətirir.		H H : C : H H H—C—H H	

H₂ və O₂ birləşmə yox, saf elementlərdir, çünki birləşmə iki və ya daha artıq *fərqli* elementin birləşməsindən əmələ gəlir. Molekulyar formulu H₂O olan su birləşmədir. Oksigen atomunun valentliyini doldurmaq üçün iki hidrogen atomuna ehtiyac var. **Şəkil 2.10c**-də su molekulunun strukturu göstərilmişdir. (Suyun canlılar üçün əhəmiyyəti o qədər böyükdür ki, Fəsil 3 tamamilə onun struktur və davranışına həsr olunub). Təbii qazın əsas tərkib hissəsi olan metan, molekulyar formulu CH₄ olan birləşmədir. Valentliyi 4 olan karbon atomunu doyurmaq üçün hər birinin valentliyi 1 olan dörd hidrogen atomuna ehtiyac var (**Şəkil 2.10d**). (Fəsil 4 isə müxtəlif karbon birləşmələrindən bəhs edir.)

Rabitədə iştirak edən elementlərin kimliyindən asılı olaraq, molekuladakı atomlar ortaq elektronları fərqli hərissliklə özlərinə çəkir. Müəyyən atomun kovalent rabitədəki elektronları cəzb etmə qüvvəsi onun **elektromənfililiyi** adlanır. Atom nə qədər çox elektromənfidirsə, rabitədəki ortaq elektronları da bir o qədər çox özünə tərəf dartır. Eyni elementin iki atomu arasında olan kovalent rabitədə elektronlar bərabər

▼ **Şəkil 2.11 Suyun polyar kovalent rabitələri.**

Oksigen (O) hidrogendən (H) daha elektromənfi olduğundan, paylaşılan elektronlar daha çox oksigenə tərəf çəkilir.



paylanır, çünki atomların elektromənfililiyi eynidir — kəndirdartma heç-heçə ilə nəticələnir. Belə rabitə **qeyri-polyar kovalent rabitə** adlanır. Məsələn, O₂-nin ikiqat rabitəsi və H₂-nin təkqat rabitəsi qeyri-polyardır. Lakin bir atom daha elektromənfi atoma birləşibsə, rabitədəki elektronlar bərabər paylaşılır. Belə rabitələr **polyar kovalent rabitələr** adlanır. Bu rabitələr atomlar arasında elektromənfilik nisbətindən asılı olaraq polyarlıqlarına görə bir-birindən fərqlənir. Məsələn, su molekulundakı oksigen və hidrogen atomları arasındakı rabitələr çox polyardır (**Şəkil 2.11**).

Oksigen ən elektromənfi elementlərdən olub, ortaq elektronları hidrogendən daha çox özünə çəkir. Oksigenlə hidrogen arasındakı kovalent rabitədə elektronlar oksigenin nüvəsi ətrafında daha çox vaxt keçirir. Elektronlar mənfi yükə sahib olduğundan və su molekulundakı oksigenə cəzb olunduğundan, oksigen atomunda qismi mənfi yükə malik iki sahə yaranır (Yunan hərfi δ və mənfi işarəsi ilə, yəni δ− “delta mənfi” şəklində göstərilir), hər bir hidrogen atomu isə qismi müsbət yükə malikdir (δ+, “delta müsbət”). Karbon və hidrogenin elektromənfililikləri oxşar olduğu üçün metanın (CH₄) rabitələri daha az polyardır.

İon Rabitəsi

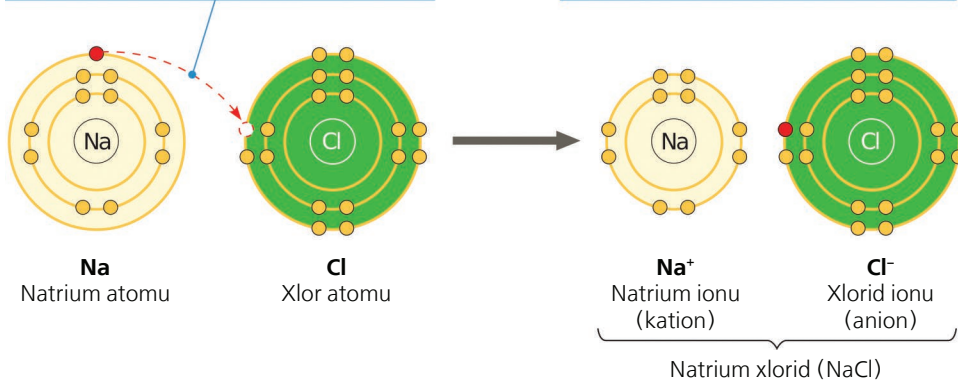
Bəzi hallarda iki atom arasında elektromənfilik fərqi o qədər böyük olur ki, atomlardan biri digərinin elektronunu tamamilə qoparır. Nəticədə yaranan əks-yüklü atomlar **ion** adlanır. Müsbət yüklü iona **kation**, mənfi yüklü olana isə **anion** deyilir. Əks yüklərə malik olduqlarından, kation və anionlar bir-birini cəzb edir; bu cazibəyə **ion rabitəsi** deyilir. Qeyd etmək lazımdır ki, elektron transferi özlüyündə rabitə yaratmır; sadəcə, bu hadisə nəticəsində iki əks yüklü ion əmələ gəlir ki, bunlar da öz aralarında rabitə yarada bilərlər. İon rabitəsi istənilən əks yüklü iki atom arasında yarana bilər. Atomlar yüklərini aralarındakı elektron transferindən qazanmaq məcburiyyətində deyillər.

Elektron transferi natrium (₁₁Na) atomu ilə xlor (₁₇Cl) atomu qarşılaşdıqda baş verir (**Şəkil 2.12**). Natriumun üçüncü elektron təbəqəsində yerləşən valent təbəqəsində sadəcə bir elektron olmaqla, cəmi 11 elektronu mövcuddur. Xlor isə valent təbəqəsində 7 olmaqla, 17

▼ **Şəkil 2.12 Kovalent rabitələrin əmələ gəlməsi.** Əks yüklü atomlar, yəni ionlar arasındakı cazibə ion rabitəsidir. İon rabitəsi hər hansı iki əks yüklü ion arasında yarana bilər; elektron transferinin sözügedən iki atom arasında baş vermiş olması şərt deyil.

1 Natriumun tək valent elektronu xlorə ötürülərək, onun 7 valent elektronuna qoşulur.

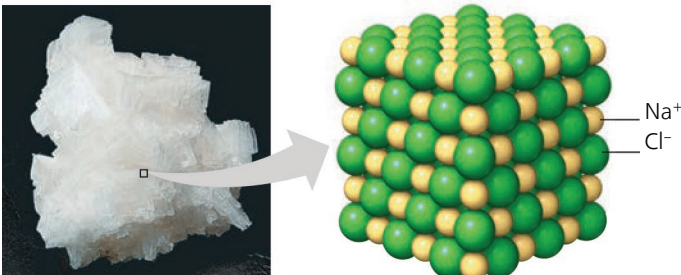
2 Nəticədə, yaranan hər ionun tamamlanmış valent təbəqəsi olur. Əks yüklü ionlar arasında ion rabitəsi əmələ gələ bilər.



elektrona malikdir. Bu iki atom qarşılaşdıqda natriumun tək valent elektronu xlor atomuna ötürülür və nəticədə, hər iki atomun valent təbəqəsi dolur. (Natriumun üçüncü təbəqəsində elektron qalmadığı üçün ikinci təbəqə valent təbəqə halına gəlir). Atomlar arasındakı bu elektron alış-verişi bir vahid mənfi yükü natriumdan xlorə ötürür. Artıq 11 protonu üçün ancaq 10 elektronu olan natriumun xalis 1+ yükü var; yəni o, kationa çevrilmişdir. Digər tərəfdən, əlavə elektron qəbul edən xlorada 17 proton üçün 18 elektron var ki, bu da xalis 1- elektrik yükü deməkdir; yəni nəticədə, anion olan xlorid ionu əmələ gəlmişdir.

İon rabitələri ilə əmələ gələn birləşməyə **ion birləşməsi**, yaxud **duz** deyilir. İon birləşməsi olan natrium xloridi (NaCl) xörək duzu kimi tanıyırsınız (Şəkil 2.13). Duzlara təbiətdə müxtəlif ölçü və strukturlara malik kristallar şəklində təsadüf olunur. Duz kristalı bir-birinə elektrik cazibəsi ilə bağlanan sayızsız-hesabsız kation və anionun üçölçülü qəfəs halında birləşməsindən əmələ gəlir. İon birləşməsi hər biri müəyyən ölçü və atom sayına malik molekulardan əmələ gələn kovalent birləşmədən fərqli olaraq, molekulardan təşkil olunmur. İon birləşməsinin formulu (məsələn, NaCl) sadəcə duz kristalındakı elementlərin bir-birinə nisbətini göstərir, yəni NaCl ayrıca molekul deyil.

▼ **Şəkil 2.13 Natrium xlorid (NaCl) kristalı.** Natrium (Na⁺) və xlorid (Cl⁻) ionları ion rabitələri tərəfindən bir arada tutulur. NaCl formulu Na⁺-un Cl⁻-ə nisbətini 1:1 olduğunu göstərir.



Hər duzun kation və anion sayı bərabər olmur. Məsələn, ion birləşməsi olan maqnezium xloriddə (MgCl₂) bir maqnezium ionuna iki xlorid ionu düşür. Maqnezium (¹²Mg) dolu valent təbəqəsinə sahib olmaq üçün 2 elektron verməlidir və buna görə də xalis yükü 2+ olan kationa (Mg²⁺) çevrilməyə meyllidir. Bu şəkildə, bir maqnezium kationu iki xlorid anionu (Cl⁻) ilə ion rabitələri qura bilər.

Elektrik yükünə malik olan bütöv molekul da ion adlanır. Məsələn, ammonium xlorid duzunda (NH₄Cl) anion tək xlorid ionu ikən, kation dörd hidrogen atomuna kovalent bağlanan azot atomundan ibarət ammoniumdur (NH₄⁺). Bütövlükdə, bir elektron itirdiyinə görə ammonium ionunun 1+ elektrik yükü var.

Mühit ion rabitələrinin gücünə təsir edir. Quru duz kristalında rabitələr o qədər güclüdür ki, onları qırıb kristalı parçalamaq üçün çəkil kimi alətlərə ehtiyac var. Eyni duz kristalı suda həll olanda ion rabitələri zəifləyir. Bunun səbəbi ionları əhatələyən su molekulalarının ionlar arasındakı əlaqəni zəiflətməsidir. Əksər dərmanlar quruykən çox stabil, suda isə asanlıqla parçalandığına görə duz şəklində istehsal olunur. (Başlıq 3.2-də suyun duzları necə həll etdiyini öyrənəcəksiniz).

Zəif Kimyəvi Əlaqələr

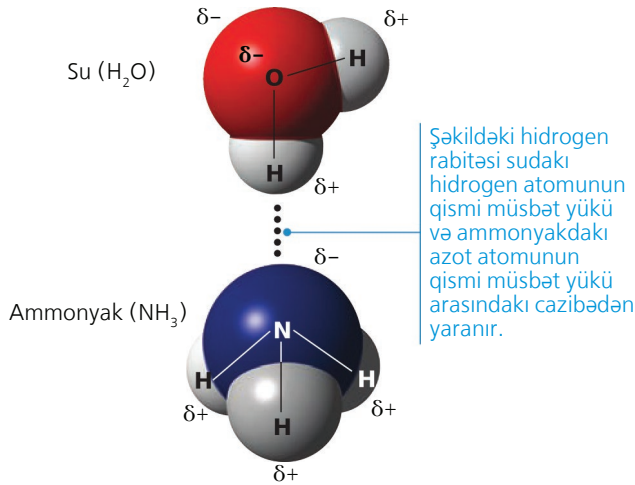
Orqanizmdə güclü kimyəvi rabitələrin çoxu atomları birləşdirib hüceyrədəki molekulaları əmələ gətirən kovalent rabitələrdir. Lakin molekulaların daxilində və arasında mövcud olan zəif əlaqələr də əhəmiyyətli olub, canlıların yaranan xassələrinin əmələ gəlməsinə öz töhfəsini verir. Bir çox bioloji molekulada işlək formada saxlayan şey məhz bu zəif əlaqələrdir. Bundan əlavə, hüceyrədə iki molekul bir-birinə təmas edəndə müvəqqəti olaraq zəif əlaqələr vasitəsilə yapışır. Zəif əlaqələrin müvəqqəti olması bir üstünlük də sayıla bilər: İki molekul bir araya gəlib bir-birinə hansısa şəkildə təsir göstərə və daha sonra ayrıla bilər.

Canlılarda zəif əlaqələrin bir neçə növü əhəmiyyətli rol oynayır. Bunlardan biri, yuxarıda müzakirə olunan, suda həll olmuş ionlar arasındakı ion rabitələridir. Hidrogen rabitələri və van der Waals qüvvələri də canlılar üçün vacibdir.

Hidrogen Rabitələri

Zəif əlaqələr arasında hidrogen rabitələrinin canlıların kimyası üçün əhəmiyyəti o qədər böyükdür ki, onlara xüsusi diqqət yetirməyə dəyər. Elektromənfi atoma kovalent bağlanmış hidrogen atomu qismi müsbət yüklüdür və bu yük yaxınlıqdakı başqa elektromənfi atomlar ilə cazibə yarada bilər. Hidrogenlə elektromənfi atom

▼ Şəkil 2.14 Hidrogen rabitəsi.



TƏSVİR ET ► Dörd su molekulu ilə əhatələnmiş bir su molekulunu elə çəkin ki, öz aralarında hidrogen rabitələri qura bilsinlər. Sadə cizgilərlə şar modelini istifadə edin. Suyun qismi yüklərini işarələyin. Həmçinin, hidrogen rabitələrini nöqtələr şəklində göstərin.

arasındakı bu cazibəyə **hidrogen rabitəsi** deyilir. Hidrogenin hüceyrədəki elektromənfı partnyoru, adətən oksigen, yaxud azot atomu olur. Hidrogen rabitəsinin sadə misalı üçün **Şəkil 2.14**-də göstərilmiş su (H_2O) və ammonyak (NH_3) arasındakı hidrogen rabitəsinə nəzər salın.

Van der Waals Qüvvələri

Qeyri-polyar kovalent rabitələrə sahib molekulların da müsbət və mənfi yüklənmiş sahələri ola bilər. Elektronlar həmişə bərabər paylanmışdır; hər hansı bir anda, molekulun bu və ya digər hissəsində elektronlar yığıla bilər. Bunun nəticəsi daim dəyişən müsbət və mənfi yüklü sahələrdir ki, bu da, bütün atom və molekulların bir-birinə yapışmasına imkan verir. Bu **van der Waals** qüvvələri təklidə zəif olub, ancaq molekullar bir-birinə çox yaxın yerləşəndə əmələ gəlir. Bu tipli əlaqələr eyni zamanda çox yerdə yarandıqda, nəticə çox güclü olur: van der Waals qüvvələri şəkildə göstərilən gekkonun divarla üzüyuxarı yeriməsinə imkan verir! Gekkonun barmaqlarından uzanan tükəbənzər çıxıntılar, dəri altındakı güclü vətər və digər anatomik strukturlar mövcuddur. Bunlar səthlə təmas sahəsini maksimuma çıxarmaq ilə ayaq üçün lazımi möhkəmliyi təmin etmək arasında balans yaradır. Ayaq və divar səthindəki molekullar arasında van der

Waals qüvvələri o qədər çoxdur ki, ayrı-ayrılıqda zəif olmalarına baxmayaraq, bu rabitələr birlikdə

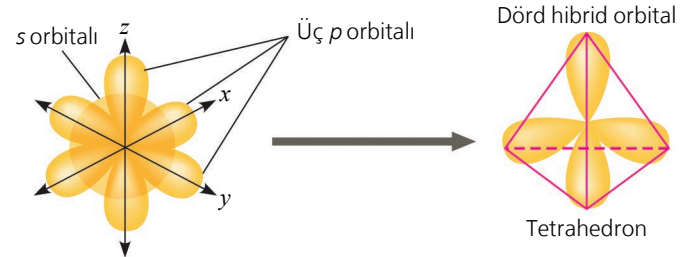
gekkonun bədən çəkisini saxlaya bilər. Bu kəşf Geckskin adlanan süni yapışqan istehsalına gətirib çıxarmışdır. Bu yapışqan ilə bank kartı böyüklüyündə sahə 300 kiloqram çəkini divarda saxlaya bilər!

Van der Waals qüvvələri, hidrogen rabitələri, suda ki ion rabitələri və başqa zəif əlaqələr sadəcə kiçik molekullar arasında yox, həm də protein kimi böyük molekulların fərqli hissələri arasında da yarana bilər. Zəif əlaqələrin hamısı bütövlükdə molekulun üçölçülü strukturunu gücləndirir. (Zəif əlaqələrin vacib bioloji rolları haqda Fəsil 5-də öyrənəcəksiniz).

Molekulyar Struktur və Funksiya

Hər bir molekulun səciyyəvi ölçü və strukturu var ki, bu xassələr onun canlı hüceyrədəki funksiyasını təyin edən faktorlardandır. Məsələn, H_2 və O_2 kimi iki atomlu molekullar həmişə düz olsa da, ikidən artıq atomun birləşməsindən əmələ gələn molekulların əksəriyyəti mürəkkəb struktura malikdir. Atom orbitallarının düzülüşü molekulun strukturunu təyin edir (**Şəkil 2.15**). Atom kovalent rabitə yaradan zaman valent təbəqəsindəki

▼ Şəkil 2.15 Hibrid ortibal əsaslı molekulyar formalar.



(a) Orbital hibridləşməsi. Kovalent rabitədə iştirak edən valent təbəqədəki bir s və üç p orbitalı birləşərək göz yaşına bənzəyən hibrid orbitallar əmələ gətirir. Bu orbitallar xəyali tetrahedronun (çəhrayı xətlər) uclarına tərəf uzanır.

Şar Modeli	Top-çubuq modeli	Hibrid Orbitallar Modeli (üstündə top-çubuq modeli yerləşdirilmişdir)
Su (H_2O)	104.5°	Rabitədə iştirak etməyən elektron cütlükləri
Metan (CH_4)		

(b) Molekulyar forma modelləri. Su və metanın formasını göstərən üç fərqli model təsvir olunmuşdur. Hibrid orbitalların mövqeyi molekulun formasını təyin edir.

orbitallar arasında yerdəyişmə baş verir. Valent elektronları s və p orbitallarının hər ikisində yerləşən atomlarda (Şəkil 2.8) bir s və üç p orbitalı birləşərək dörd yeni hibrid orbital əmələ gətirir. Bu hibridlər atomun mərkəzindən kənara uzanan göz yaşı damcılarına bənzəyir (Şəkil 2.15a). Bu damcıların böyük uclarını bir-birinə düz xətt ilə birləşdirsək, tetrahedron adlı həndəsi fiqur, yəni təməlində üçbucaq olan piramida əldə etmiş olarıq.

Su molekulunda oksigenin valent təbəqəsindəki hibrid orbitallarının ikisi hidrogenlə paylaşılır (Şəkil 2.15b). Nəticədə, kovalent rabitələri arasında 104.5° bucaq olan V şəkilli bir molekul ortaya çıxır.

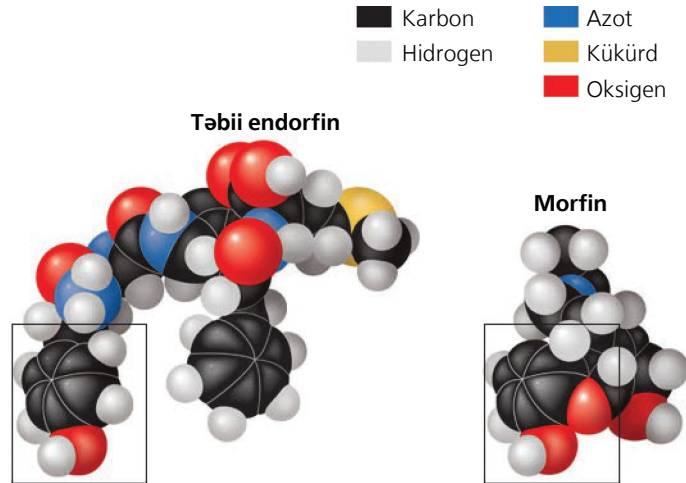
Metan molekulunda (CH_4) karbonun bütün hibrid orbitalları hidrogen atomları ilə paylaşıldığından molekulun strukturu tetrahedronu xatırladır (Şəkil 2.15b). Karbon nüvəsi mərkəzdə yerləşir və ondan xaricə, tetrahedronun uclarında yerləşən hidrogen atomlarına doğru kovalent rabitələr uzanır. Çox sayda karbon ehtiva edən böyük molekulların ümumi forması canlı əmələ gətirən molekulların bir çoxunda olduğu kimi, bundan daha mürəkkəbdir. Lakin bir karbon atomuna birləşmiş dörd başqa atomu olan bu tetrahedral forma böyük molekullarda da təkrarlanan naxış kimi üzə çıxır.

Bioloji molekulların bir-birini spesifik şəkildə tanıyıb qarşılıqlı əlaqə qurması üçün molekulyar forma böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu molekullar tez-tez zəif əlaqələrlə müvəqqəti olaraq bir-birinə bağlanırlar. Bu əlaqələr yalnız formalar komplementar, yəni bir-birinə uyğun olduğunda baş verir. Məsələn, tiryəkdən əmələ gələn morfin və heroin kimi opioid dərmanlara nəzər salaq. Opioidlər ağrıkəsici təsirə malikdirlər və sinir hüceyrələrinin səthindəki xüsusi reseptorlara bağlanaraq əhval-ruhiyyədə dəyişikliklərə səbəb olurlar. Bəs sinir hüceyrəsi opioidlər kimi bədən tərəfindən istehsal olunmayan molekullara bağlanan reseptorları niyə istehsal edir? 1975-ci ildə endorfinlərin kəşfi bu sualın cavabını vermiş oldu. Endorfinlər hipofiz vəzi tərəfindən istehsal olunan və stres zamanı (məsələn, ağır məşq) sözügedən reseptorlara bağlanaraq ağrı və euforiyanı azaldır. Opioidlər struktur baxımdan endorfinləri təqlid edərək beyindəki endorfin reseptorlarına bağlanıb oxşar təsir yaradır (Şəkil 2.16). Molekulyar formanın beyindəki kimyəvi reaksiyalarda yaratdığı fərq biologiya elminin əsas mövzularından biri olan bioloji quruluş ilə struktur və funksiya arasındakı əlaqəni gözlər önünə sərir.

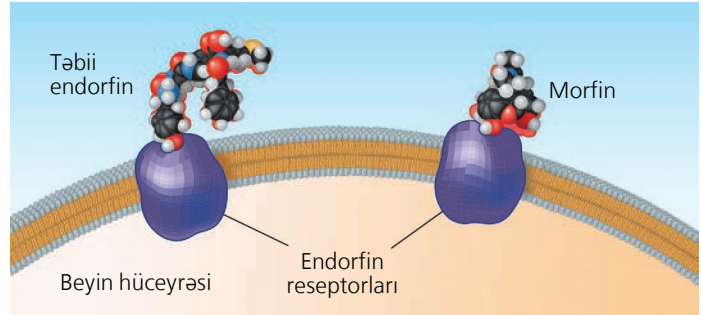
YOXLAMA 2.3

1. $\text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H}$ strukturu kimyəvi olaraq niyə səhvdir?
2. Maqnezium xlorid (MgCl_2) kristalında atomları birgə saxlayan şey nədir?
3. **ƏGƏR** ➤ Farmakoloji araşdırma aparan tədqiqatçı olsaydınız, təbii olaraq rast gəlinən siqnal molekullarının üçölçülü strukturunu nəyə görə öyrənərdiniz?

▼ **Şəkil 2.16 Molekulyar təqlid.** Morfin beynin təbii endorfinlərini təqlid edərək ağrı hissiyatına və emosional vəziyyətə təsir edir.



(a) **Endorfin və morfinin strukturu.** Morfin molekulyarının (solda) qərçivəyə alınmış hissəsi beynin hədəf hüceyrələrindəki reseptorlarına bağlanır. Morfin molekulyarının (sağda) digər qərçivədəki hissəsi endorfinin bu hissəsinə çox oxşayır.

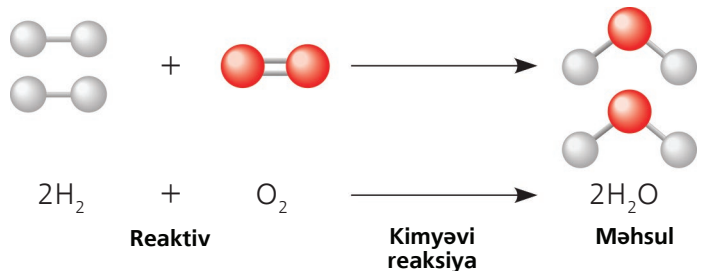


(b) **Endorfin reseptorlarına bağlanma.** Həm endorfin, həm də morfin beynin hüceyrələrinin səthində yerləşən reseptorlara bağlana bilər.

BAŞLIQ 2.4

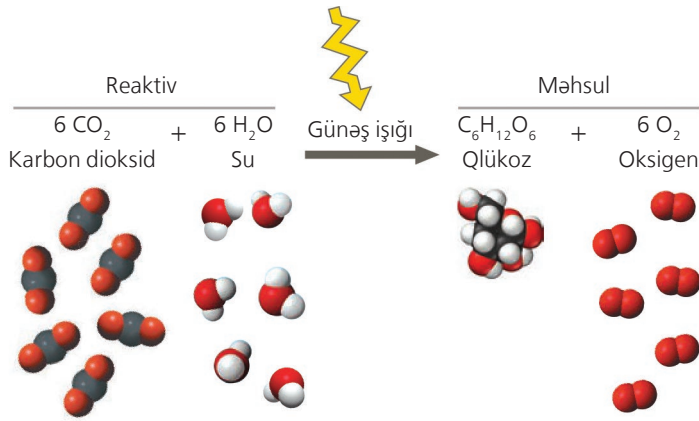
Kimyəvi reaksiya kimyəvi rabitə yaradır və qırır

Maddə tərkibini dəyişdirən kimyəvi rabitələrin qırılıb yaranmasına **kimyəvi reaksiya** deyilir. Oksigen ilə hidrogenin birləşərək su əmələ gətirdiyi reaksiya bunlardan biridir:



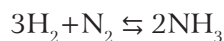
Bu reaksiya H_2 və O_2 molekullarının kovalent rabitə-sini qırır və H_2O -nun yeni rabitələrini yaradır. Kimyəvi reaksiya tənliyini yazarkən **reaktiv** molekullarından (başlanğıc maddələri) **məhsul** molekullarına (yekunda çıxan maddələr) doğru ox çəkilir. Əmsallar iştirak edən molekulların sayını göstərir; məsələn, H_2 -nin qarşısındakı 2, reaksiyanın iki hidrogen molekulu ilə başladığını bildirir. Reaktiv atomlarının hamısı son məhsulda öz əksini tapmalıdır, çünki kimyəvi reaksiyada maddənin kütləsi qorunmalıdır: Kimyəvi reaksiya atomu yarada və ya yox edə bilməz, sadəcə yerini dəyişdirə bilər.

Bitkinin yaşıl toxumalarında baş verən fotosintez, kimyəvi reaksiyaların molekulyar strukturda apardığı dəyişikliyə vacib bioloji nümunədir. İnsanlar, eləcə də başqa heyvanlar qida və oksigen üçün fotosintezdən asılıdırlar və bu proses demək olar ki, bütün ekosistemlərin təməlində dayanır. Fotosintez prosesini qısaca aşağıdakı kimi təsvir etmək mümkündür:



Bitkilərdən hava və torpaq vasitəsilə sovrulan, müvafiq olaraq karbon dioksid (CO_2) və su (H_2O) fotosintez üçün xammal rolunu oynayır. Gün işığı bitki hüceyrələrində bu maddələrin qlükoz adlanan şəkərə ($C_6H_{12}O_6$) və daha sonra bitki tərəfindən buraxılan oksigen molekullarına (O_2) çevrilməsi üçün lazımi enerjini təmin edir (**Şəkil 2.17**). Fotosintez çox sayda kimyəvi reaksiyadan ibarət zəncir olsa da, sonda ilkin maddələrdəki atom növü və sayları qorunur. Maddələr sadəcə gün işığından gələn enerji ilə yer dəyişdirir.

Nəzəri baxımdan, bütün kimyəvi reaksiyalar dönəndir: irəli gedən reaksiyanın məhsulları, geri dönən reaksiyanın reaktivləri ola bilər. Məsələn, hidrogen və azot birləşərək ammoniyak əmələ gətirə bildiyi kimi, ammoniyak da parçalanaraq hidrogen və azotu bərpa edə bilər:



Əks-istiqlamətli iki ox reaksiyanın dönən olduğunu göstərir.

Reaksiya sürətini təyin edən şeylərdən biri reaktivin qatılığıdır. Reaktiv molekulların qatılığı nə qədər çox olsa, bir-birilə toqquşub məhsul əmələ gətirmək ehtimalı da bir o qədər yüksək olar. Eyni şey məhsullar

► Şəkil 2.17

Fotosintez: günəş enerjisi köməyi ilə maddənin yerdəyişməsi.

Şirin su bitkisi *Elodea* fotosintez adlanan və günəş enerjisi ilə hərəkətə gətirilən proses vasitəsilə, karbon dioksid və sudakı atomların yerlərini dəyişərək şəkər istehsal edir. Şəkərin əksəriyyəti başqa qida molekullarına çevrilir. Oksigen qazı (O_2) fotosintezin yan məhsuludur; suyun altındakı yarpaqlardan çıxan O_2 qazından ibarət hava qabarcıqlarına diqqət edin.



TƏSVİR ET ► Yarpağın üstündə fotosintezin reaktiv və məhsullarını göstərin.

üçün də keçərlidir. Məhsullar yığıldıqca, reaksiyanın geri dönməsinə səbəb olan toqquşmaların tezliyi artır. Bir müddət sonra, irəli və geri reaksiyaların sürəti bərabərləşir; reaktiv və məhsulların nisbi qatılığı sabitləşir. Bu iki reaksiyanın bir-birini tarazladığı nöqtəyə kimyəvi tarazlıq deyilir. Bu dinamik tarazlıqdır: reaksiya hər iki yöndə getməyə davam edir, ancaq reaktiv və məhsulların nisbi sıxlığında xalis dəyişiklik sıfıra bərabərdir. Tarazlıq reaktiv və məhsulların eyni qatılığa malik olması deyil; sadəcə olaraq onların qatılıqları müəyyən nisbətdə sabitlənir. Ammoniyak reaksiyasında ammoniyak yarandığı sürətlə parçalanaraq tarazlığa çatır. Bəzi reaksiyaların tarazlıq nöqtəsi sağa o qədər yaxın olur ki, reaksiya demək olar ki, sonuna qədər gedir; yəni bütün reaktivlər məhsula çevrilir.

Canlılar üçün əhəmiyyət kəsb edən molekul növləri haqda müəyyən məlumat əldə etdikdən sonra, kimyəvi reaksiya mövzusunə geri dönəcəyik. Növbəti fəsildə canlılarda bütün kimyəvi proseslərin getdiyi mühit, yəni su əsas mövzumuz olacaq.

YOXLAMA 2.4

- ƏLAQƏ QUR** Başlıq 2.4-ün əvvəlində top-çubuq modeli ilə göstərilmiş hidrogen və oksigendən suyun əmələ gəldiyi reaksiyaya baxaq. Şəkil 2.10-u tədqiq etdikdən sonra, bu reaksiya iştirakçılarının Lewis nöqtə strukturunu çəkin.
- Tarazlıq nöqtəsində reaktivlərdən məhsulların yarandığı, yoxsa məhsullardan reaktivlərin yarandığı reaksiyalar daha sürətlə gedir?
- ƏGƏR** ► Fotosintez məhsullarının reaktiv, reaktivlərinin məhsul olaraq iştirak etdiyi bir tənlik yazın. Enerjini ayrıca bir məhsul kimi göstərin. Bu yeni tənlik hüceyrələrinizdə gedən prosesi əks etdirir. Tənliyi öz sözlərinizlə izah edin. Bu tənliyin nəfəsəmələ ilə əlaqəsi nədir?

2 Fəslin İcmalı

ƏSAS ANLAYIŞLARIN XÜLASƏSİ

BAŞLIQ 2.1

Maddə saf bir elementdən, yaxud onların bir neçəsinin birləşməsindən əmələ gəlir

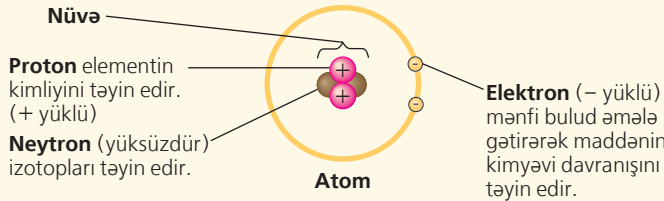
- Elementlər kimyəvi olaraq başqa cisimlərə parçalana bilməz. Birləşmə iki və ya daha artıq fərqli elementin sabit nisbətdə birləşməsindən əmələ gəlir. Oksigen, karbon, hidrogen və azot canlı kütləsinin təxminən 96%-ni təşkil edir.

? Elementlə birləşməni müqayisə edin.

BAŞLIQ 2.2

Elementin xüsusiyyətləri onu təşkil edən atomların strukturundan asılıdır

- Elementin ən kiçik vahidi olan atom aşağıdakı tərkib hissələrindən ibarətdir:



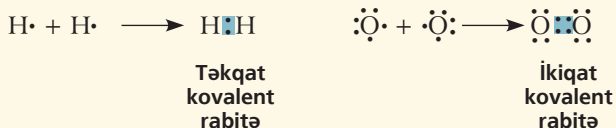
- Elektroneytral atomun proton və elektron sayı bərabərdir; proton sayı **atom nömrəsi**ni təyin edir. **Atom kütləsi dalton** ilə ölçülür və təqribən **kütlə ədədinə**, yəni proton və neytronların cəminə bərabərdir. Elementin izotoplarını bir-birindən fərqləndirən şey neytron sayı, yəni kütləsidir. Qeyri-stabil izotoplar zərrəcik və enerjini radioaktiv şüalanma şəklində ətrafa saçır.
- Atomda elektron xüsusi **elektron təbəqələrində** yerləşir; hər təbəqədəki elektronun özünəxas enerji səviyyəsi var. Elektron paylanması atomun kimyəvi davranışını təyin edir. Natamam kənar təbəqəyə və ya **valent təbəqəsinə** sahib atom kimyəvi olaraq fəaldır.
- Elektronlar elektron təbəqələrinin bir hissəsi olan və səciyyəvi struktura malik **orbital** adlanan üçölçülü məkanlarda yerləşir.

TƏSVİR ET > Neon ($_{10}\text{Ne}$) və argon ($_{18}\text{Ar}$) üçün elektron paylanma diaqramını çəkin. Diaqramlardan istifadə edərək bu elementlərin nəyə görə kimyəvi fəal olmadığını izah edin.

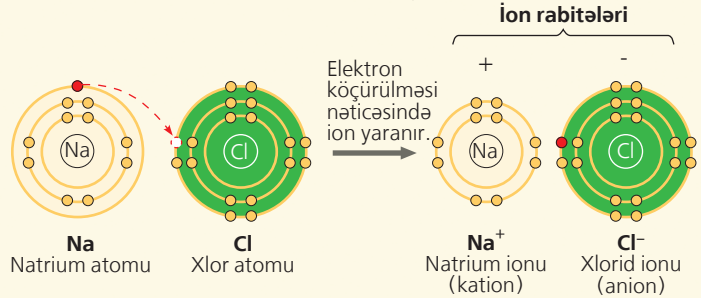
BAŞLIQ 2.3

Molekulların yaranması və funksiyası atomlar arasında rabitələrin əmələ gəlməsindən asılıdır

- Atomlar əlaqəyə girib valent təbəqələrini doldurduqda, **kimyəvi rabitə** əmələ gəlir. Elektron cütləri paylaşıldıqda **kovalent rabitələr** yaranır:



- Molekul** iki və ya daha çox atomun kovalent rabitə ilə birləşməsindən əmələ gəlir. **Elektromənfilik** bir atomun kovalent rabitədəki elektronları özünə cəzb etməsidir. Kovalent rabitə quran iki eyni atomun elektromənfililiyi də eyni olduğu üçün **qeyri-polyar kovalent rabitə** yaranır. **Polyar kovalent rabitənin** elektronları elektromənfililiyi yüksək olan atoma (məsələn, H_2O rabitələrində) doğru dartılır.
- Elektron qazanan və ya itirən atom (yaxud molekul) **iona** çevrilir və yüklü olur. **İon rabitəsi** iki əks yüklü ionun bir-birini cəzb etməsi nəticəsində yaranır:



- Zəif rabitələr böyük molekulları formaca stabiləşdirir və onların bir-birinə yapışmasına kömək edir. **Hidrogen rabitəsi** qismi müsbət yüklü ($\delta+$) hidrogenlə, qismi də mənfi yüklü ($\delta-$) elektromənfi atom arasında olan cazibədir. **Van der Waals qüvvələri** molekulun müvəqqəti müsbət və mənfi yüklənən sahələri arasında yaranır.
- Molekulun strukturu, onun atomlarının valent orbitallarının yerləşməsindən asılıdır. Kovalent rabitələri hibrid orbitallar yaradır; bu orbitallar, öz növbəsində, H_2O , CH_4 və digər daha mürəkkəb bioloji molekulların formasını təyin edir. Bioloji molekulların bir-birini tanıması adətən molekulyar formadan asılı olur.

? Qeyri-polyar və polyar kovalent rabitələri, eləcə də ionların əmələ gəlməsini atomlar arasında elektron paylanması baxımından müqayisə edin.

BAŞLIQ 2.4

Kimyəvi reaksiya kimyəvi rabitə yaradır və qırır

- Kimyəvi reaksiya** maddənin kütləsini qoruyaraq, **reaktivləri məhsullara** çevirir. Bütün kimyəvi reaksiyalar nəzəri olaraq döndərir. İrəli və geri gedən reaksiyaların sürətləri bərabərləşdikdə **kimyəvi tarazlıq** yaranır.

? Kimyəvi tarazlıqda olan reaksiyaya reaktiv əlavə olunduğu zaman məhsulların qatılığı necə dəyişər? Bu artım tarazlığa necə təsir edər?

SINAQ

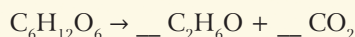
Səviyyə 1: Bilik və Anlama

- Səpələnmiş element terminindəki "səpələnmiş" sözü nə mənaya gəlir?
 - Element olduqca az miqdarda tələb olunur
 - Elementin atomların orqanizm metabolizmi boyunca izlənməsi üçün indikator olaraq istifadəsi mümkündür
 - Elementə Yer kürəsində nadir hallarda təsadüf olunur
 - Element sağlamlığa müsbət təsir göstərir, amma orqanizmin uzun müddət yaşaması üçün zəruri deyil

2. ^{31}P ilə müqayisədə, radioaktiv izotop ^{32}P aşağıdakılardan hansına malikdir?
 A) fərqli atom nömrəsinə
 B) əlavə bir protona
 C) əlavə bir elektrona
 D) əlavə bir neytrona
3. Aşağıdakılardan hansı atomun kimyəvi fəallığını təyin edir?
 A) Ən kənar elektron təbəqəsindən nüvəyə olan orta məsafə.
 B) Valent təbəqəsinin qoşalaşmamış elektronları.
 C) Bütün elektron təbəqələrinin potensial enerjisinin cəmi.
 D) Valent təbəqəsinin potensial enerjisi.
4. Aşağıdakı ifadələrdən hansı bütün anionlar üçün doğrudur?
 A) Elektronlar protonlardan çoxdur.
 B) Protonlar elektronlardan çoxdur.
 C) Eyni elementin neytral atomu ilə müqayisədə daha az protona malikdir.
 D) Neytronlar protonlardan çoxdur.
5. Aşağıdakılardan hansı tarazlıq vəziyyətinə çatmış kimyəvi reaksiyanı doğru təsvir edir?
 A) Məhsul və reaktiv qatılığı bir-birinə bərabərdir.
 B) Reaksiya dönməyən hala gəlmişdir.
 C) Həm irəli, həm də geri gedən reaksiyalar dayanmışdır.
 D) Irəli və geri gedən reaksiyaların sürəti bir-birinə bərabərdir.

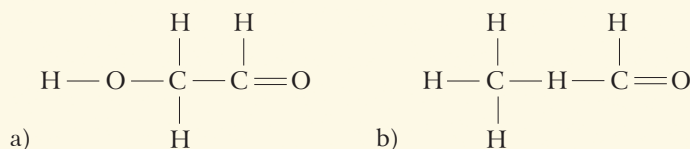
Səviyyə 2: Tətbiq və Analiz

6. Atomu tərkibindəki proton, neytron və elektron sayını sıralayaraq (məsələn, heliumu $2p^+$, $2n^0$, $2e^-$ şəklində) göstəribilirik. Aşağıdakılardan hansı oksigenin ^{18}O izotopunun düzgün yazılış şəklidir?
 A) $7p^+$, $2n^0$, $9e^-$
 B) $8p^+$, $10n^0$, $8e^-$
 C) $9p^+$, $9n^0$, $9e^-$
 D) $10p^+$, $8n^0$, $9e^-$
7. Kükürdün atom nömrəsi 16-dır. Kükürd hidrogenlə kovalent rabitə yaradaraq hidrogen sulfid adlanan birləşmə əmələ gətirir. Kükürdün valent elektronlarının sayına əsasən, bu birləşmənin molekulyar formulu təxmin edin.
 A) HS
 B) HS_2
 C) H_2S
 D) H_4S
8. Reaktivdəki bütün atomların məhsullarda öz əksini tapması üçün boşluqlara hansı əmsallar yazılmalıdır?



- A) 2; 1
 B) 3; 1
 C) 1; 3
 D) 2; 2

9. **TƏSVİR ET** Aşağıdakı hər bir xəyali molekul üçün atomların həqiqi valent elektron sayından istifadə edərək Lewis nöqtə strukturunu işarələyin. Hər bir atomun valent təbəqəsi dolu olmalı və bütün rabitələrin doğru sayda elektronu olmalıdır. Buna əsasən molekulardan hansının mövcud ola biləcəyini təyin edin. Həmçinin, hər bir atom növünün qura biləcəyi rabitə sayını da nəzərə alaraq, digər molekuldakı yanlışın nədən ibarət olduğunu izah edin.



Səviyyə 3: Sintez və Dəyərləndirmə

10. **TƏKAMÜL ƏLAQƏSİ** İnsan bədənini təşkil edən təbii elementlərin faiz nisbətləri (Cədvəl 2.1) digər orqanizmlərdəki faiz nisbətlərinə uyğundur. Canlılar arasındakı bu oxşarlığı izah edin.
11. **ELMİ TƏDQİQAT** Dişi ay güvəsi (*Actias luna*) havada yayılan kimyəvi siqnal ifraz edərək erkəkləri cəlb edir. Yüzlərlə metr uzaqlıqdakı erkək bu molekulaları duyub, mənbəyə doğru uça bilir. Erkək bunu şəkildəki darağa bənzəyən buynuzcuqları ilə hiss edir. Buynuzcuğun hər bir lifində cinsi siqnalı duyan minlərlə reseptor hüceyrəsi var. Bu fəsildə öyrəndiklərinizə əsaslanaraq, erkək güvənin havadakı saysız-hesabsız molekul arasından məhz bu siqnalı necə tanıdığına dair hipotez irəli sürün. Hipoteziniz nələri təxmin edir? Bu təxminlərdən birini sınaqdan keçirin.
12. **ESSE: STRUKTUR** Bir gün Neil Campbell hava limanında gözləyərkən, belə bir iddia eşidir: "Sənayenin və ya kənd təsərrüfatının ətraf mühiti kimyəvi tullantılarla çirkləndirməsindən qorxmaq paranoaya və məlumatsızlıqdır. Nəticədə, tullantılar və ətraf mühitdə mövcud olan maddələr eyni atomlardan ibarətdir". Elektron paylanması, rabitə və yaranan xassə haqda bildiklərinizdən istifadə edərək (Başlıq 1.1) bu fikrin əksini iddia edən qısa (100-150 sözlük) inşə yazın.
13. **SİNTEZ**



Bu bombardmançı böcək özünümüdafiə vasitəsi kimi tərkibində qıcıqlandırıcı kimyəvi maddələr olan isti maye fışqırır. Böcək vəzilərində iki qrup kimyəvi maddəni bir-birindən ayrı saxlayır. Bu fəsildə kimya haqda öyrəndiklərinizdən yola çıxaraq, böcəyin öz bədənindəki kimyəvi maddələrdən niyə zərər görmədiyi və bu güclü fışqırmaya nəyin səbəb olduğu ilə bağlı fikir yürüdün.

▲ Şəkil 3.1 Yer kürəsindəki canlılar suyun kimyasından hansı şəkildə asılıdır?

ƏSAS ANLAYIŞLAR

- 3.1** Su molekulundakı polyar kovalent rabitələr hidrogen rabitələrinin yaranması ilə nəticələnir
- 3.2** Suyun dörd yaranan xassəsi Yer kürəsini həyat üçün əlverişli edən faktorlardandır
- 3.3** Mühitin turşuluğu və qələviliyi canlılara təsir edir



▲ İqlim dəyişikliyi nəticəsində təhlükədə olan qara gilemotlar

Bütün Canlı Təbiətin Təmali Olan Molekul

Yer kürəsində həyat suda yaranmış və quruya yayılmazdan əvvəl 3 milyard il orada təkamül keçirmişdir. Yerdə və ola bilsin ki, başqa planetlərdə də həyatı mümkün edən maddə məhz sudur. Elmə məlum olan bütün canlılar böyük ölçüdə sudan ibarətdir və əsasən suyun bol olduğu mühitlərdə yaşayırlar.

Yer səthinin dördü üçü su ilə örtülüdür. Bu suyun böyük hissəsi maye halında olsa da, suya bərk (buz) və qaz (su buxarı) halında da rast gəlmək mümkündür. Yer kürəsində su təbii şəraitdə hər üç halda mövcud olan yeganə maddədir. Bundan əlavə, suyun bərk halı maye halının səthində üzür. Bu xüsusiyyət su molekulunun kimyasından yaranır və ona təbiətdə nadir hallarda rast gəlinir.

Yer kürəsi iqlim dəyişikliyi səbəbilə istiləşdikcə (Başlıq 1.1), buzun maye suya olan nisbəti dəyişir. Arktik dənizlərdəki buz və buzlaqların əriməsi onların səthində, altında və ətrafında yaşayan canlılara təsir edir. Arktikada isti suların çoxalması və buz miqdarındakı azalma kosmosdan bulanıq dəniz suyu kimi görünən (Şəkil 3.1) fitoplanktonların (suda yaşayan mikroskopik fotosintetik orqanizmlər) həddən artıq çoxalmasına gətirib çıxarır. Arktik buzlardan asılı olan canlılar isə bundan zərər görür. Məsələn, iqlim dəyişikliyi və Arktik buzun azalması nəticəsində Alyaskada yaşayan qara gilemotların sayı azalmaqdadır.

Bu fəsilə suyun molekulyar strukturunun digər su molekulaları və başqa növ molekulalar ilə əlaqələri necə təyin etdiyini öyrənəcəksiniz. Bu əlaqələr suyun unikal yaranan xassələrini əmələ gətirir ki, bu da öz növbəsində Yer kürəsini həyat üçün əlverişli edir.

BAŞLIQ 3.1

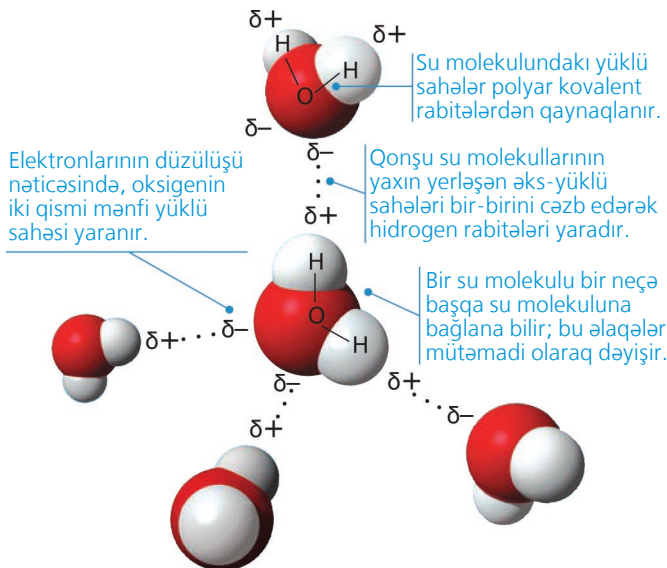
Su molekulundakı polyar kovalent rabitələr hidrogen rabitələrinin yaranması ilə nəticələnir

Su ilə gündəlik tanışlığımız onun əsrarəngiz xüsusiyyətlərini görməyimizi çətinləşdirir. Yaranan xassələr anlayışı ilə suyun unikal xüsusiyyətlərini onun strukturu və digər molekullar ilə olan əlaqələrinə bağlamaq mümkündür.

Su molekuluna diqqət yetirsək, onların aldadıcı dərəcədə sadə olduğunu görürük. Bıraqat kovalent rabitələrlə oksigen atomuna bağlanmış iki hidrogen atomu suya V-şəkilli forma verir. Oksigenin elektromənfililiyi hidrogendən çox olduğu üçün kovalent rabitənin elektronları oksigenin yanında daha çox vaxt sərf edir; bu rabitələr **polyar kovalent rabitələrdir** (Şəkil 2.11). Elektronların bu cür qeyri-bərabər paylaşılması və V-şəkilli forma elektrik yükünün qeyri-bərabər paylanmasına gətirib çıxararaq, suyu **polyar molekul** edir. Sudakı oksigenin iki qismi mənfi yükü (δ^-), hər hidrogenin isə bir qismi müsbət yükü (δ^+) var.

Suyun xüsusiyyətləri fərqli su molekullarının əks-yüklü atomları arasındakı cazibədən yaranır. Bir molekulun qismi müsbət yüklü hidrogeni yaxınlıqdakı başqa bir molekulun qismi mənfi yüklü oksigeni tərəfindən cəzb olunur. Beləliklə, hidrogen rabitəsi vasitəsilə iki molekul bir yerdə saxlanılır (**Şəkil 3.2**). Maye suda hidrogen rabitələri çox zəif olub, kovalent rabitənin 1/20-i gücündədir. Hidrogen rabitələri yüksək tezliklə yaranır, qopur və yenidən yaranır. Hər biri saniyənin trilyonda biri qədər qısa müddətdə mövcud olsa da, molekullar müntəzəm olaraq başqa molekullarla yeni hidrogen rabitələri yaradır. Buna görə də verilən hər hansı anda su molekullarının çoxu qonşularına hidrogen rabitəsi ilə

▼ **Şəkil 3.2** Su molekulları arasındakı hidrogen rabitələri.

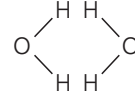


TƏSVİR ET ► Ən soldakı su molekulunda olan qismi yükləri və ona hidrogen rabitəsi ilə bağlanmış üç əlavə su molekulunu çəkin.

bağlanmış vəziyyətdədir. Hidrogen rabitələri su molekullarını daha yüksək səviyyədəki quruluşlara hövrək suyun qeyri-adi xüsusiyyətlərini əmələ gətirir.

YOXLAMA 3.1

1. **ƏLAQƏ QUR** ► Elektromənfilik nədir və su molekulları arasındakı əlaqəyə necə təsir edir? (Şəkil 2.11).
2. **VİZUAL BACARIQ** ► Şəkil 3.2-də ortada yerləşən molekul nəyə görə üç və ya beş yox, məhz dörd su molekuluna bağlanır?
3. İki su molekulunun aşağıda göstəriləndiyi kimi dayana bilməsi çox kiçik ehtimaldır. Bunun səbəbi nə ola bilər?



4. **ƏGƏR** ► Oksigen və hidrogenin elektromənfililiyinin bərabər olması suyun xüsusiyyətlərinə necə təsir edərdi?

BAŞLIQ 3.2

Suyun dörd yaranan xassəsi Yer kürəsini həyat üçün əlverişli edən faktorlardandır

Bu bölmədə Yer kürəsində canlı təbiət üçün münbit şərait yaradılmasına kömək edən suyun dörd yaranan xassəsini ələ alacağıq. Bunlar koheziya, temperaturu mülayimləşdirmə, donduqda genişləmə və güclü həlledicilik xüsusiyyətləridir.

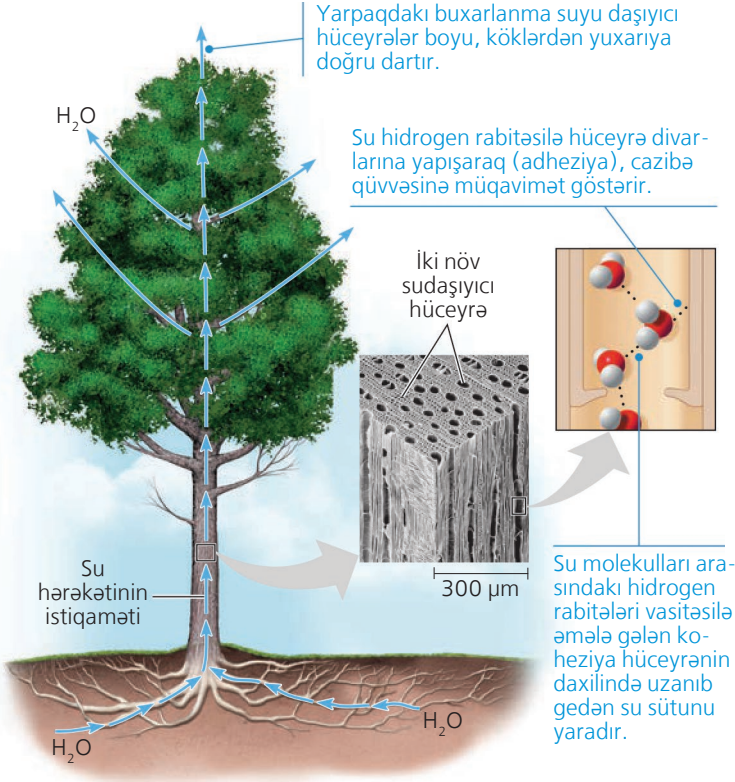
Suyun Koheziyası

Su molekulları hidrogen rabitələri sayəsində bir-birinə yaxın yerləşir. Maye halındakı suda molekulların düzülüşü müntəzəm olaraq dəyişsə də, hər hansı bir anda onların çoxu bir neçə hidrogen rabitəsi qurmuş vəziyyətdə olur. Bu rabitələr digər mayelərlə müqayisədə suyu daha nizamlı edir. Hidrogen rabitələrinin maddəni bir arada tutmasına **koheziya** deyilir.

Bitkilərdə hidrogen rabitəsindən qaynaqlanan koheziya su və həll olmuş qida maddələrinin cazibə qüvvəsinin əksinə hərəkət etməsinə imkan yaradır. Köklərdən alınan sudaşıyıcı hüceyrə şəbəkəsindən keçərək yarpaqlara çatdırılır (**Şəkil 3.3**). Yarpaqdan buxarlandıqca, damarları tərk edən su molekulları hidrogen rabitələri vasitəsilə aşağıdakı su molekullarını da özləri ilə birgə dartır və bu dartılma sudaşıyıcı hüceyrələr boyunca köklərə qədər gedib çıxır. Bunun üçün **adheziya**, yəni bir maddənin digərinə yapışması da vacibdir. Su hidrogen rabitəsilə hüceyrə divarındakı molekullara yapışaraq, cazibə qüvvəsinin onu aşağıya doğru dartmasına müqavimət göstərir (Şəkil 3.3).

Koheziya ilə əlaqəli başqa bir məfhum mayenin səthini görməyin və ya qırmağın çətinliyinin ölçüsü olan **səthi gərilmədir**. Suyun hava ilə sərhədində nizamlı şəkildə düzülmüş su molekulları hava ilə yox, bir-biriləri

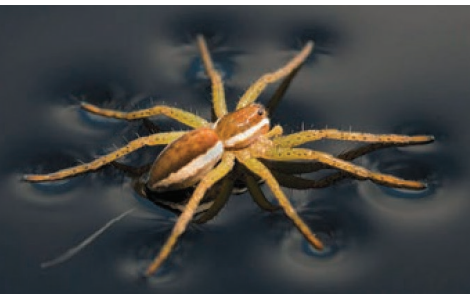
▼ **Şəkil 3.3 Bitkilərdə su nəqliyyatı.** Suyun koheziya və adheziya qabiliyyəti sayəsində uzun bitkilər suyu 100 m-dən də yüksəyə daşıya bilir.



ilə və aşağıdakı molekullarla hidrogen rabitələri qurur. Bu asimmetriya suya yüksək səthi gərilmə gücü verərək onu sanki görünməz bir təbəqə ilə örtür. Fincanı tutumundan bir az artıq dolduraraq bu səthi gərilməni müşahidə edə bilərsiniz; belə ki, su fincanın kənarından yuxarıda qalacaqdır. Şəkil 3.4-dəki hörümçək səthi gərilmədən istifadə edərək gölməçənin üstü ilə, suyun səthini qırmadan hərəkət edir.

Suyun Temperaturu Mülayimləşdirməsi

Su hərərəti nisbi olaraq yüksək olan havadakı istiliyi udur, öz istiliyini isə daha soyuq havaya ötürərək temperaturu mülayimləşdirir. Su temperaturunu çox dəyişmədən böyük miqdarda istiliyi uda və ya buraxa bildiyinə görə effektiv istilik ehtiyatıdır. Suyun bu qabiliyyətini başa düşmək üçün ilk növbədə temperaturun və istiliyin nə olduğuna baxmalıyıq.



◀ **Şəkil 3.4 Su səthində hərəkət.** Sudakı hidrogen rabitələrinin kollektiv gücündən yaranan yüksək səthi gərilmə bu bərə hörümçəyinə gölməçə üzərində gəzmək imkanı verir.

Temperatur və İstilik

Hərəkət edən hər şeyin hərəkət enerjisi, başqa sözlə, **kinetik enerji** var. Atom və molekullar daim hərəkətdə olduqları üçün kinetik enerjiyə malikdirlər. Bu hərəkət müəyyən bir istiqamətdə olmaq məcburiyyətində deyil. Molekul nə qədər sürətlə hərəkət edərsə, kinetik enerjisi bir o qədər çoxdur. Atom və molekulların təsadüfi hərəkəti ilə bağlı olan kinetik enerjiyə **termal enerji** deyilir. Termal enerji temperaturla əlaqəli olsa da, bu ikisi eyni şey deyil. Həcmindən asılı olmayaraq, **temperatur** maddədəki molekulların orta kinetik enerjisini, termal enerji isə ümumi kinetik enerjisini göstərir. Buna görə də termal enerji maddənin həcmindən asılıdır. Çaydanda su qaynatdığımız zaman molekulların orta sürəti artır; bu, artan temperatur olaraq termometrə əks olunur. Bu nümunədə ümumi termal enerji də artır. Lakin qeyd edək ki, su ilə dolu çaydanın temperaturu üzgüçülük hovuzunun temperaturundan yüksək olsa da, hovuzun həcmi böyük olduğuna görə termal enerjisi daha çoxdur.

Fərqli temperaturlara malik iki əşyanı bir yerə qoyanda, əşyaların temperaturları bərabərləşənə qədər termal enerji nisbi olaraq isti olandan soyuq olana keçir. Soyuq obyektəki molekullar isti obyektin termal enerjisi sayəsində sürət yığır. Buz parçası əlavə olunduğu içkini öz soyuqluğunu ötürməklə deyil, əriyib mayenin termal enerjisini udmaqla soyudur. Bir əşyadan digərinə ötürülən termal enerjiyə **istilik** deyilir.

Bu kitabda istifadə olunan istilik vahidlərindən biri də **kaloridir (cal)**. Bir kalori 1 g suyun temperaturunu 1°C artırmaq üçün lazım olan enerji miqdarıdır. Eyni məntiqə, 1 g suyun temperaturu 1°C azalanda ortaya çıxan enerji də bir kaloridir. Bir **kilokalori (kcal)**, yəni 1000 cal 1 kiloqram (kg) suyun temperaturunu 1°C artırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır. (Əslində, qida məhsullarının üzərində yazılan "Kalori dəyəri" kilokaloridir). Kitabda istifadə olunan başqa bir istilik vahidi **couldur (J)**. Bir coul 0.239 kaloriyə bərabərdir; bir kalori 4.184 J-dir.

Suyun Yüksək Xüsusi İstilik Tutumu

Suyun temperaturu stabilləşdirmə qabiliyyəti onun yüksək xüsusi istilik tutumundan qaynaqlanır. Maddənin **xüsusi istilik tutumu**, onun 1 qramının temperaturunu 1°C dəyişdirmək üçün udulmalı və ya itirilməli olan istilik miqdarına deyilir. Suyun temperaturunu 1°C dəyişmək üçün lazım olan istilik miqdarını kalori olaraq təyin etdiyimizə görə, suyun xüsusi istilik tutumunu bilirik. Suyun xüsusi istilik tutumu 1 dərəcə və 1 qrama 1 kaloridir, yəni 1 cal/(g•°C). Bir çox digər maddə ilə müqayisədə suyun xüsusi istilik tutumu olduqca yüksəkdir. Məsələn, spirtli içkilərin tərkibindəki etanolun xüsusi istilik tutumu 0.6 cal/(g•°C) səviyyəsindədir; yəni 1 g etanolun temperaturunu 1°C artırmaq üçün sadəcə 0.6 cal kifayət edir.

Su digər maddələrlə müqayisədə istilik tutumu yüksək olduğu üçün müəyyən miqdarda istilik udanda

və ya ortaya çıxaranda temperaturu nisbətən az dəyişir. İçindəki su ilıq ikən çaydana toxunduqda əlinizin yanmasının səbəbi suyun xüsusi istilik tutumunun dəmirinkindən on dəfə çox olmasıdır. Başqa sözlə, eyni miqdarda istilik 1 g su ilə müqayisədə 1 g dəmirin temperaturunu daha tez artırır. Xüsusi istiliyi istilik alış-verişində temperatur dəyişikliyinə qarşı maddənin müqavimətinin ölçüsü kimi də başa düşmək olar. Su temperatur dəyişmələrinə qarşı güclü müqavimət göstərir. Belə ki, o, bir dərəcə temperatur dəyişikliyi üçün nisbi olaraq böyük miqdarda istilik udur, yaxud itirir.

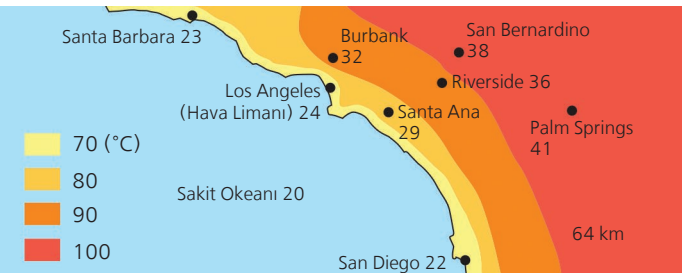
Suyun bir çox xüsusiyyəti kimi, yüksək xüsusi istilik tutumunu da hidrogen rabitələri ilə əlaqələndirmək olar. Hidrogen rabitələrini qırmaq üçün istilik udulmalı, yaratmaq üçün isə müvafiq şəkildə buraxılmalıdır. Bir kalori istilik suda cüzi temperatur fərqi yaradır, çünki bu istiliyin çoxu hidrogen rabitələrini qırmağa sərf edilir. Yalnız bu rabitələr qırıldıqdan sonra su molekullarının sürəti arta bilər. Suyun temperaturu bir balaca düşdükdə isə çox sayda hidrogen rabitəsi yaranır və böyük miqdarda enerji istilik halında buraxılır.

Suyun yüksək xüsusi istilik tutumunun canlı təbiət üçün əhəmiyyəti nədir? Böyük su kütlələri gündüzlər və yay aylarında günəşdən böyük miqdarda istilik udarkən, sadəcə bir neçə dərəcə isinir. Gecələr və qış aylarında isə soyuyan su böyük hava kütlələrinin temperaturunu qaldıra bilər. Suyun bu bacarığı sahilyanı ərazilərdə havanı mülayimləşdirir (**Şəkil 3.5**). Suyun yüksək xüsusi istilik tutumu okeanın temperaturunu da stabilləşdirərək, onu su canlıları üçün əlverişli edir. Nəticədə, Yer kürəsi səthinin böyük hissəsini əhatə edən bu maddə yüksək istilik tutumu sayəsində suda ki və qurudakı temperatur dəyişikliyinə canlılar üçün müəyyən aralıqda saxlayır. Bundan əlavə, canlılar böyük ölçüdə sudan ibarət olduqları üçün bədənlərindəki temperatur dəyişikliyinə daha yaxşı müqavimət göstərə bilərlər.

Buxarlanma Yolu ilə Soyuma

Mayedəki molekullar arasında qarşılıqlı cazibə olduğu üçün bir-birilərinə yaxın yerləşirlər. Bu cazibəni qıracaq qədər sürətli hərəkət edən molekullar mayeni tərk edərək qaz (buxar) halında havaya qarışır. Maye halından qaz halına keçid buxarlanma adlanır. Unutmayaq

▼ **Şəkil 3.5** Avqust ayının bir günündə Sakit okean və Cənubi Kaliforniyada temperatur göstəriciləri.



DATANI ŞƏRH ET ► Diaqramda göstərilən temperatur paylanmasını izah edin.

ki, molekulyar hərəkətin sürəti dəyişkəndir və temperatur molekulların orta kinetik enerjisidir. Aşağı temperaturlarda belə, ən sürətli molekullar havaya qarışa bilər. İstənilən temperaturda müəyyən qədər buxarlanma olur; otaq temperaturunda saxlanılan bir fincan su əvvəl-axır tamamilə buxarlanır. Molekulların orta kinetik enerjisi qızdırıldıqda artır və mayenin buxarlanması daha sürətlə baş verir.

Buxarlanma istiliyi mayenin 1 qramının qaz halına keçməsi üçün lazım olan istilik miqdarına deyilir. Digər mayelərlə müqayisədə suya yüksək xüsusi istilik tutumu verən xassəsi, həmçinin ona yüksək buxarlanma istiliyi də verir. 25°C-də 1 g suyun buxarlanmasına 580 kalori sərf olunur. Müqayisə üçün qeyd edək ki, bu, alkoqol və ya ammonyakı buxarlandırmaq üçün lazım olan enerjiden iki dəfə çoxdur. Suyun yüksək buxarlanma istiliyi, onun hidrogen rabitələrinin gücündən qaynaqlanan başqa bir yaranan xassəsidir; molekullar mayeni buxar şəklində tərk etmək üçün əvvəlcə bu rabitələri qırmaqlırlar.

Suyun buxarlanması üçün yüksək miqdarda istiliyin tələb olunması bir sıra nəticələrə gətirib çıxarır. Məsələn, bu, global miqyasda Yer iqliminin mülayimləşməsinə kömək edir. Günəşdən gələn və tropik dənizlər tərəfindən udulan istiliyin böyük hissəsi səth sularını buxarlandırır. Daha sonra, tropik hava qütblərə doğru hərəkət etdikcə, kondensasiya prosesi yağışlarla və istiliyin buraxılması ilə nəticələnir. Orqanizm səviyyəsində buxar yanıqlarının sərtliyini suyun yüksək buxarlanma istiliyi ilə əlaqələndirmək olar. Belə ki, buxar dəri ilə təmasda kondensasiyaya uğrayaraq mayeyə çevriləndə, istilik ortaya çıxır ki, bu da yanıqlara səbəb olur.

Maye buxarlandıqca yerdə qalan mayenin səthi soyuyur (temperaturu azalır). Ən "isti", yəni ən çox kinetik enerjiyə sahib molekulların mayeni qaz şəklində tərk etmək ehtimalı daha yüksək olduğu üçün **buxarlanma yolu ilə soyuma** baş verir. Təsəvvür edin ki, məktəbin 100 ən sürətli qaçan şagirdini başqa bir məktəbə keçirirlər; belə olan halda, əlbəttə ki, məktəbdə qalan şagirdlərin orta sürəti aşağı düşəcəkdir.

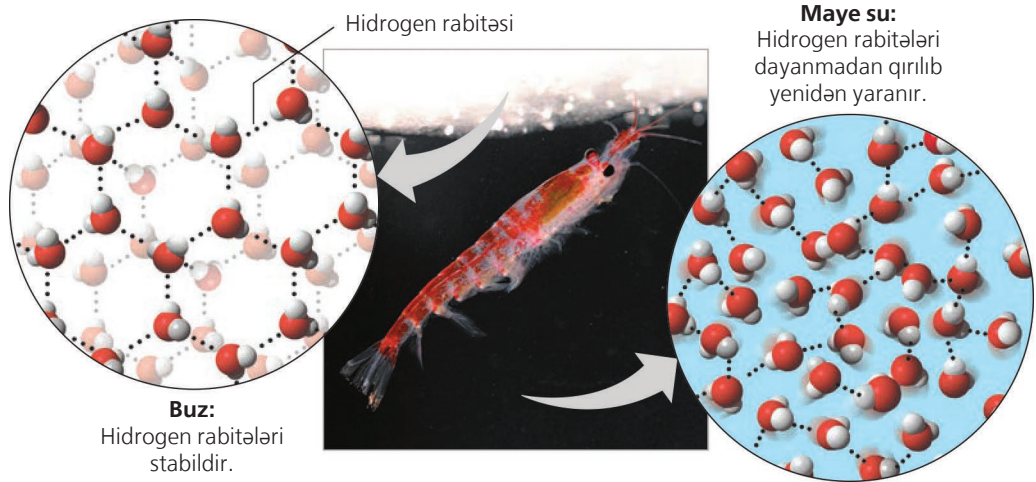
Suyun buxarlanma yolu ilə soyuması göl və gölməçələrdə temperaturu stabilləşdirir və quruda yaşayan heyvanları həddən artıq qızmaqdan qoruyan mexanizmin əsasını təşkil edir. Məsələn, bitkinin yarpaqlarından buxarlanan su yarpaq toxumalarının günəş işığı sayəsində həddən artıq qızmasının qarşısını alır. Tərin insan dərisindən buxarlanması bədən istiliyini xərcləyərək isti günlərdə, yaxud ağır fiziki iş zamanı yaranan əlavə istilikdən qurtulmağa kömək edir. İsti havanın rütubəti ona görə narahatdır ki, havadakı su buxarının qatılığı yüksəkdir və bu səbəblə tərin bədənə buxarlanması çətinləşir.

Buzun Maye Su Üzərində Üzməsi

Su nadir maddələrdəndir ki, maye halı bərk halından daha sıxdır. Yəni buz maye suyun üstündə üzür. Digər maddələr bərk hala keçəndə yığılaraq daha sıx olsa da, su genişlənir. Bu qəribə davranışın səbəbi yenə də

► **Şəkil 3.6 Buz: kristal struktur və üzən baryer.** Buzun hər bir su molekulu dörd qonşu molekul ilə hidrogen rabitəsi quraraq üçölçülü kristal şəbəkə yaradır. Kristalın həcmi daha geniş olduğuna görə, buzun müəyyən həcmindəki molekul sayı eyni həcmə malik mayedəki molekul sayından azdır. Yəni buzun sıxlığı maye suyun sıxlığından azdır. Səthdə üzən buz maye suyu soyuq havadan ayıran baryer rolunu oynayır. Şəkiləki dəniz heyvanı krevetin bir növü olan krildir. Şəkil Antarktida yaxınlığındakı sularda üzən buzun altında çəkilib.

ƏGƏR ► Su hidrogen rabitələri qurmasaydı, bu krilin habitatında nə baş verərdi?

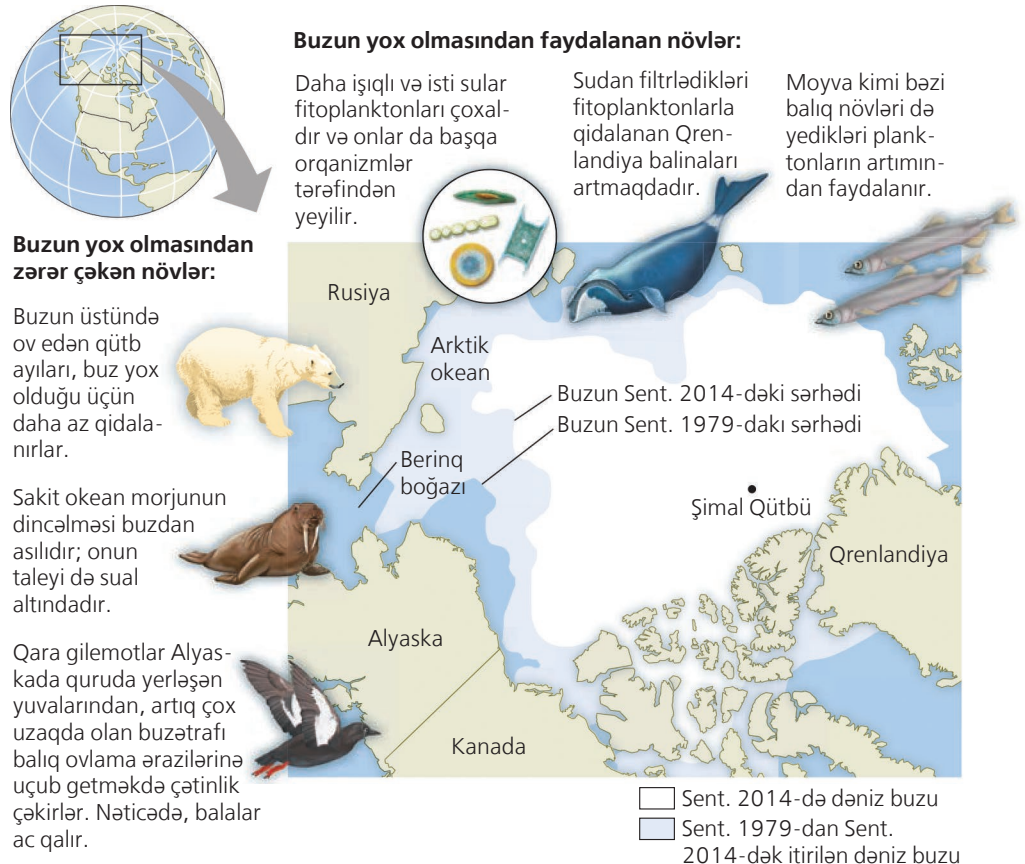


hidrogen rabitələridir. 4°C-dən yüksək temperaturda su başqa mayelər kimi davranır: qızdıqca genişlənir, soyuduqca sıxılır. Temperatur 4°C-dən 0°C-yə düşərkən, getdikcə daha az molekul hidrogen rabitəsini qıra biləcək qədər sürətli hərəkət etdiyinə görə su donmağa başlayır. 0°C-də hər bir molekul dörd başqa molekul ilə hidrogen rabitəsi qurmuş vəziyyətdə kristal şəbəkəsinə kilidlənir (**Şəkil 3.6**). Hidrogen rabitələri molekullar arasına elə bir məsafə qoyur ki, bu məsafə buz 4°C-dəki maye sudan 10% daha az sıx etməyə bəsləyir (yəni eyni həcm 10% daha az molekul tutur). Buz temperaturunu 0°C-dən yuxarı qaldıracaq qədər istilik udanda molekullar arasındakı hidrogen rabitələri qırılmağa başlayır. Kristal çökdükcə buz da əriyir və nəticədə molekullar daha az hidrogen rabitəsi quraraq bir-birinə daha çox yaxınlaşır. Su maksimum sıxlığına 4°C-də çatır və molekulları sürətləndikcə genişlənir. Maye suda da molekullar bir-birinə hidrogen rabitəsi ilə bağlanır, lakin bu bağlantılar müvəqqətidir və hidrogen rabitələri mütəmadi şəkildə qırılıb bərpa olunur.

Sıxlığı az olduğuna görə maye su üstündə qalan buz, müəyyən bir mühiti həyat üçün əlverişli edən əhəmiyyətli faktorlardan biridir. Buz batsaydı, əvvəl-axır bütün gölməçələr, göllər, hətta okeanlar donar və Yer kürəsində həyat olmazdı. Yay vaxtı okeanın ancaq bir neçə santimetrlik nazik üst təbəqəsi əriyərdi. İndiki halda isə dərinlikdəki su soyuyarkən əmələ gələn buz, səthə çıxaraq altdakı maye suyu donmaqdan qoruyur və şəkil 3.6-da gördüyünüz kimi, burada həyatın davam etməsinə imkan yaradır. Buz altdakı suyu izolyasiya etməkdən əlavə, ağ ayı və suiti kimi heyvanlar üçün etibarlı habitat yaradır.

Çox sayda alim bu buz kütlələrinin yox olmaq təhlükəsi altında olduğunu düşünür. Atmosferdəki karbon dioksid və başqa "istixana" qazlarının yaratdığı global istiləşmə planetdə mövcud olan buzlu mühitlərə ciddi təsir göstərir. Arktikada havanın orta temperaturu təkcə 1961-ci ildən dövrümüzədək 2.2°C artmışdır. Bu temperatur dəyişikliyi Arktik dəniz buzunu və maye su arasındakı mövsümi tarazlığı pozmuş, buzun gec yaranıb, tez əriməsinə və daha kiçik ərazi əhatə etməsinə gətirib çıxarmışdır. Buzlaqların və Arktik dəniz buzunun yoxa çıxma sürəti həyatları buza bağlı olan heyvanlar üçün fəvqəladə çətinliklər yaradır (**Şəkil 3.7**).

▼ **Şəkil 3.7 İqlim dəyişikliyi Arktikaya təsiri.** Arktikada orta yuxarı temperatur yayda daha çox dəniz buzunun əriməsinə yol açır. Bəzi heyvanlar bundan faydalansa da, digərləri zərər görür.

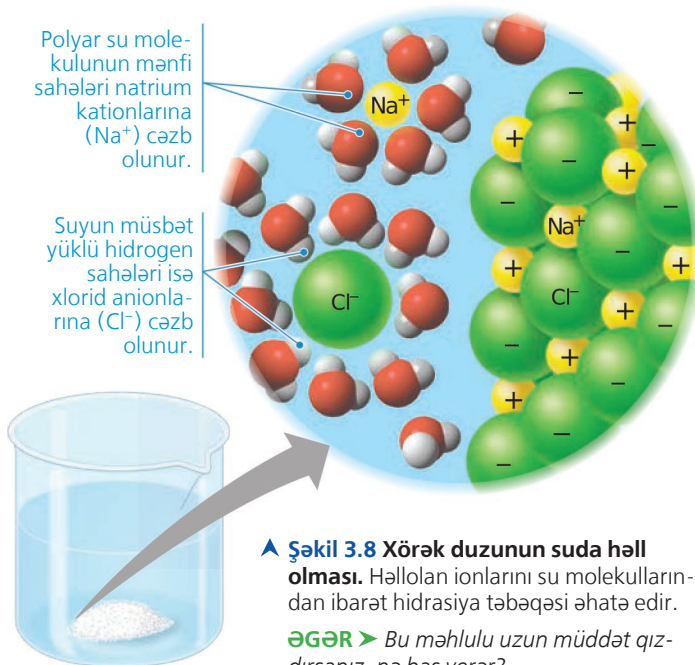


Su: Canlı Təbiətin Həllədicisi

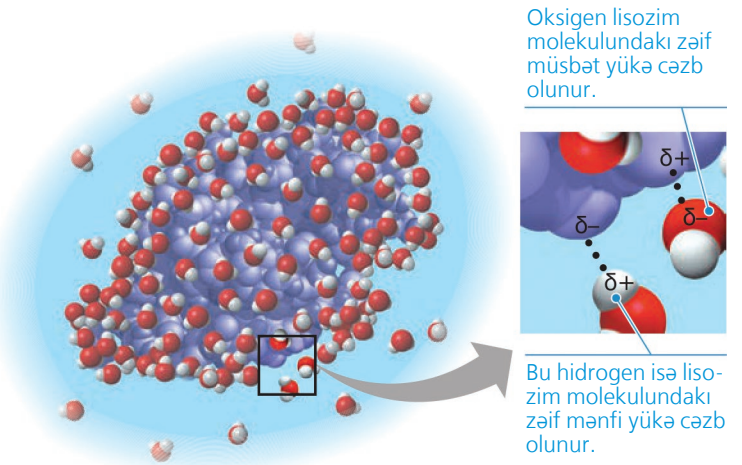
Qəndi stəkandakı suya atıb bir az qarışdırsaq, həll olar. Nəticədə, stəkanda su və şəkərin sabit qarışığı olur, yəni həll olmuş şəkərin qatılığı məhlulun hər yerində eynidir. İki və ya daha artıq maddənin tamamilə homogen qarışığı olan mayeyə **məhlul** deyilir. Məhlulda həll edən rolunu oynayan maddə **həllədicisi**, həll olan maddə isə **həllolan** adlanır. Yuxarıdakı nümunədə su həllədicisi, şəkər isə həllolandır. Həllolanın suda həll olduğu məhlula **sulu məhlul** deyilir.

Su olduqca universal həllədicidir və bu xüsusiyyətini su molekulunun polyarlığı ilə əlaqələndirmək mümkündür. Fərz edək ki, bir qaşq xörək duzunu, yəni ion birləşməsi olan natrium xloridi (NaCl) suya əlavə edirik (**Şəkil 3.8**). Hər bir duz dənəciyinin səthində yerləşən natrium və xlorid ionları həllədicisi ilə təmasda olacaqdır. Bu ionlar və su molekulalarının bəzi sahələri əks yükə sahib olduğu üçün bir-birini cəzb edir. Su molekulundakı oksigenlərin natrium kationuna cəzb olunan qismi mənfi yüklü sahələri var. Hidrogen sahələri isə qismi müsbət yüklü olub xlorid anionlarına cəzb olunur. Nəticədə, su molekulaları natrium və xlorid ionlarını ayrı-ayrılıqda əhatə edərək, onları bir-birindən ayırır. Həll olmuş ionun ətrafındakı su molekulalarından ibarət kürəyə **hidrasiya təbəqəsi** deyilir. Su duz kristalının səthindən daxilə doğru gedərək sonda bütün ionları həll edir. Beləliklə, su həllədicisi ilə homogen şəkildə qarışmış natrium kationu və xlorid anionlu iki həllolanı olan məhlul ortaya çıxır. Başqa ion birləşmələri də suda həll olur. Məsələn, dəniz suyu və canlı hüceyrələrin tərkibində çox sayda həll olmuş ionlar var.

Suda sadəcə ion birləşmələri həll olmur. Yuxarıda bəhs etdiyimiz qəndin tərkibindəki şəkər kimi, ion olmayan polyar molekulardan ibarət birləşmələr də su



▼ Şəkil 3.9 Suda həll olan protein. Antibakterial təsirə malik insan lizozimi göz yaşı və tüpürcəkdə mövcud olan proteindir (Şəkil 5.16). Model sulu mühitdə yerləşən lizozim molekulunu (bənzər-şəyi) göstərir. Molekulun ionik və polyar sahələri su molekulalarının qismi yüklü sahələrini cəzb edir.



molekulları ilə əhatələnib onunla hidrogen rabitələri yaratdığı zaman həll olur. Səthində ionik və ya polyar sahələr varsa, protein kimi böyük molekulalar belə, suda həll ola bilər (**Şəkil 3.9**). Həmçinin, qan, bitki şirəsi və hüceyrədaxili maye kimi bioloji mayelərdəki suda çox sayda fərqli polyar birləşmələr həll olur. Bir sözlə, su canlı təbiətin həllədicisidir.

Hidrofilik və Hidrofobik Maddələr

Suya hərisliyi olan maddələrə **hidrofilik** (yun. *hidro* su, *philos* sevgi) maddələr deyilir. Bəzi hallarda, maddə hidrofilik olsa da, suda həll olmur. Hüceyrədəki bəzi böyük molekulalar bunlara nümunədir. Hidrofilik olduğu halda suda həll olmayan maddələrə başqa bir misal pambıqdır. Pambıq çox sayda qismi müsbət və mənfi yüklü, su ilə hidrogen rabitələri qura bilən hissələrə malik nəhəng sellüloz molekulalarından ibarətdir. Su sellüloz liflərinə yapışır. Buna görə də pambıq dəsmal bədəni qurutmaq üçün yaxşı vasitə olmaqla yanaşı, paltaryuyan maşında ərimer. Sellüloz bitkinin su daşıyan hüceyrələrinin divarında da var; daha öncə gördüyümüz kimi, suyun bu hidrofilik divarlara yapışması, onu cazibə qüvvəsinin əksinə daşıya bilər.

Sözsüz ki, suya hərisliyi olmayan maddələr də mövcuddur. İon və polyar olmayan (başqa sözlə, hidrogen rabitələri qura bilməyən) maddələr suyu dəf edir; belə maddələrə **hidrofobik** (yun. *phobos* qorxu) maddələr deyilir. Bunlara misal olaraq, mətbəxdə istifadə etdiyimiz və sirkə kimi tərkibində su olan maddələrlə asanlıqla qarışmayan bitki yağını göstərə bilərik. Yağ molekulalarının hidrofobik davranışı, tərkibindəki karbon və hidrogen arasındakı elektronların bərabər paylaşıldığı qeyri-polyar kovalent rabitələrdən qaynaqlanır. Hüceyrə membranının əsas tərkib hissəsini də məhz yağlara bənzər hidrofobik molekulalar təşkil edir. (Görün membran həll olsaydı, hüceyrənin başına nələr gələrdi!)

Sulu Məhlullarda Həllolan Qatılığı

Orqanizmdə gedən reaksiyaların çoxu suda həll olmuş maddələrin iştirakı ilə baş verir. Bu reaksiyaları anlamaq üçün neçə atom və molekulun iştirak etdiyini bilməli və sulu məhlulda həllolanların qatılığını (yəni vahid həcmə düşən həllolan molekul sayını) hesablamalıyıq.

Təcrübə apararkən molekulaların sayını hesablamaq üçün kütlədən istifadə edirik. Əvvəlcə, molekuldakı bütün atomların kütlələrinin cəmi olan **molekulyar kütlə** hesablanır. Məsələn, çuğundur şəkəri kimi də bilinən saxarozun ($C_{12}H_{22}O_{11}$) molekulyar kütləsini hesablayaq. Bunun üçün atom saylarını müvafiq elementin atom kütləsinə (Əlavə B) vurmalıyıq. Yuvarlaqlaşdırılmış dalton vahidi ilə bir karbon atomunun kütləsi 12, bir hidrogen atomunun kütləsi 1, oksigen atomunun kütləsi isə 16-dır. Buna görə də saxarozun molekulyar kütləsi $(12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16) = 342$ daltondur. Bu qədər kiçik miqdarda molekul tərəzidə çəkmə bilməyəcəyimizə görə, maddələri adətən mol adlanan vahidlə ölçürük. Cüt sözü iki ədəd əşyanı ifadə etdiyi kimi, bir **mol** da müəyyən sayda maddəni ifadə edir: 6.02×10^{23} , yəni Avogadro ədədi. Avogadro ədədi və *dalton* vahidinin tərifinə görə, 1 qramda 6.02×10^{23} dalton var. Saxarozun molekulyar kütləsini hesabladıqdan sonra bu ədədi (342) qram vahidi ilə 6.02×10^{23} molekul, yaxud 1 mol saxarozun kütləsini ifadə etmək üçün istifadə edə bilərik (buna bəzən *molyar kütlə* də deyilir). Buna görə də laboratoriyada 1 mol saxaroz deyiləndə 342 g saxaroz götürülür.

Kimyəvi maddə miqdarını mol ilə hesablamağın praktik üstünlüklərindən biri odur ki, hər maddənin bir molundakı molekul sayı eynidir. A maddəsinin molekulyar kütləsi 342 dalton, B maddəsinin isə 10 dalton-dursa, 342 g A maddəsində molekulaların sayı 10 g B maddəsindəki molekulaların sayına bərabərdir. Bir mol etanol 6.02×10^{23} molekuldan ibarət olsa da, onun çəkisi saxarozun çəkisindən az olduğuna görə kütləsi sadəcə 46 g olacaqdır. Moldan istifadə laboratoriyada maddələri dəqiq molekulyar nisbətlərlə qarışdıran alimlərin işini asanlaşdırır.

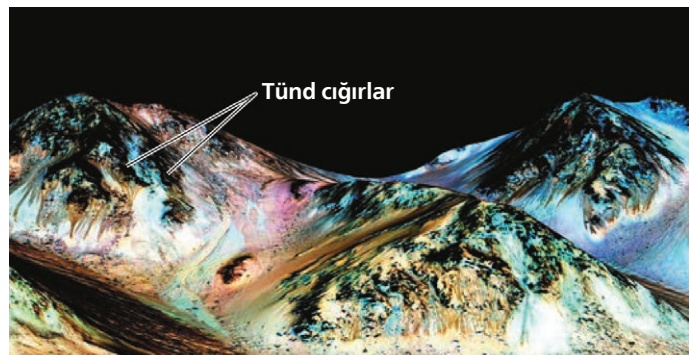
Suda həll olmuş 1 mol saxarozdan ibarət bir litrlik (l) məhlulu necə hazırlaya bilərik? Bunun üçün, əvvəlcə 342 g saxaroz götürüb üzərinə yavaş-yavaş su tökərək qarışdırırıq və şəkər tamamilə həll olana qədər su tökməyə davam edirik. Şəkər tamamilə həll olduqdan sonra, əlavə su tökərək məhlulun ümumi həcmi 1 litrə çatdırırıq. Beləliklə, əlimizdəki məhlul saxarozun 1 molyarlıq (1 M) məhlulu olur. Qatılıq vahidi olan **molyarlıq** — həllolanın məhlulun hər litrinə düşən mol sayı — adətən bioloqlar tərəfindən sulu məhlullar üçün istifadə olunur.

Suyun bir həlledici olaraq universallığı bu fəsilə müzakirə etdiyimiz digər xüsusiyyətlərini tamamlayır. Suyun bu xassələri Yer kürəsində canlı təbiət üçün o qədər önəmlidir ki, kainatın başqa yerlərində canlı axtaran alimlər su izlərini planetdə həyat əlaməti kimi qəbul edir.

Digər Planetlərdə Həyatın Mümkün Təkamülü

TƏKAMÜL Kainatın başqa yerlərində həyat izləri axtaran bioloqlar (daha dəqiq ifadə etsək, *astrobioloqlar*) axtarıqlarını suyun mövcud ola biləcəyi planetlər üzərində cəmləşdirirlər. Günəş sistemindən kənarda 800-dən artıq planet aşkarlanmış və bunlardan bəzilərinə su buxarının olması ilə bağlı dəlillər tapılmışdır. Günəş sistemində isə Mars diqqət mərkəzindədir. Yer kürəsində olduğu kimi, Marsın da qütbləri buz təbəqəsilə örtülüdür. Marsa göndərilən kosmik gəmilərdən əldə olunan görüntülərdən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, Mars səthinin altında buz var və atmosferdə buzun əmələ gəlməsinə imkan verəcək miqdarda su buxarı mövcuddur. 2015-ci ildə alimlər Marsda su axımının izlərini tapdılar (**Şəkil 3.10**) və digər tədqiqatlar oradakı şəraitin mikroorqanizmlərin yaşaması üçün əlverişli olduğu göstərdi. Bu baxımdan, Mars səthinin qazılması oradakı canlı axtarıqlarının növbəti mərhələsi ola bilər. Kəşf olunacaq hər hansı canlı forması, yaxud fosil təkamül prosesinə tamamilə yeni perspektivdən işıq tutacaqdır.

▼ Şəkil 3.10 Marsda maye suyun olduğuna dair dəlil. Belə görünür ki, Marsda yay aylarında görünən bu yüksəkliklərdən aşağı enən tünd rəngli çığırın yaranmasında suyun rolu var. NASA alimləri suyun mövcudiyyətinə işarə olan hidrasiya olmuş duz izlərinə də rast gəlirlər. (Rəqəmsal olaraq emal olunmuş bu görüntü Mars kəşfiyyat orbitçisi tərəfindən çəkilmişdir).



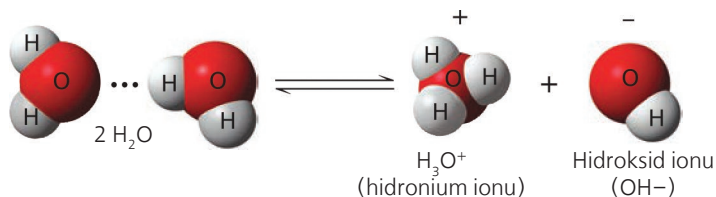
YOXLAMA 3.2

1. Suyun xassələri onun ağac boyu yuxarı qalxmasına necə təsir edir?
2. Hava haqda danışarkən istifadə olunan "İstidən deyil, rütubətdən" deyimini izah edin.
3. **ƏGƏR?** ➤ Suölçənin hidrofobik maddələrlə örtülmüş ayaqları var. Bunun faydası nə ola bilər? Maddə hidrofilik olsaydı, nə baş verərdi?
4. **DATANI ŞƏRH ET** ➤ Oruc tutan adamın qanında iştahı idarə edən hormon olan qrelinin qatılığı 1.3×10^{-10} M-dir. Belə olan halda 1 l qanda neçə molekul qrelini var?

BAŞLIQ 3.3

Mühitin turşuluğu və qələviliyi canlılara təsir edir

Bəzən iki su molekulu arasındakı hidrogen rabitəsinə iştirak edən hidrogen atomu bir molekuldan digərinə keçir. Belə hallarda, hidrogen elektronunu geridə qoyur və ötürülən şey **hidrogen ionu** (H^+), yəni 1+ yükə sahib protondur. Protonunu itirmiş su molekulu **hidroksid ionuna** (OH^-) çevrilir və 1- yükə sahibdir. Hidrogeni qəbul edən su molekulu isə hidronium ionuna (H_3O^+) çevrilir. Bu kimyəvi reaksiyanı belə təsvir edə bilərik:



Adətən H_3O^+ (hidronium ionu) H^+ (hidrogen ionu) kimi göstərilir və biz də kitabda bu işarədən istifadə edəcəyik. Lakin unutmayın ki, H^+ sulu məhlulda sərbəst şəkildə mövcud olmur. O, həmişə su molekuluna H_3O^+ formasında birləşir.

İkitərəfli oxlardan da göründüyü kimi, reaksiya dönəndir. Su molekullarının parçalanması ilə onun əks-reaksiyası, yəni, H^+ və OH^- ionlarından yaranması eyni sürətə çatdığı zaman, dinamik tarazlığa çatır. Bu tarazlıq nöqtəsində su molekullarının qatılığı H^+ və OH^- -in qatılığından olduqca çoxdur. Saf suda hər 554 milyon su molekulundan biri parçalanır. Ona görə də saf suda H^+ və OH^- ionlarının qatılığı 10^{-7} M səviyyəsindədir (25°C -də). Bu o deməkdir ki, bir litr suda $1/10^7$ mol hidrogen ionu və bir o qədər də hidroksid ionu var. (Buna baxmayaraq bir litr suda bütün ionların sayı yenə də çoxdur: hər litrdə 60 000 trilyon).

Suyun parçalanması dönən reaksiya və statistik olaraq nadir bir hadisə olsa da, həyatın kimyası üçün olduqca əhəmiyyətlidir. H^+ və OH^- kimyəvi olaraq fəaldır. Qatılıqlarındakı dəyişmə hüceyrədəki protein və başqa mürəkkəb molekulların strukturuna nəzərəcarpacaq dərəcədə təsir edir. Qeyd etdiyimiz kimi, saf suda H^+ və OH^- -in qatılıqları bərabər olsa da, turşu və qələvi adlanan bəzi növ həllolanların əlavəsi bu tarazlığı dəyişdirir. Bir məhlulun turşu və ya qələviliyi adətən pH şkalası ilə ifadə olunur. Fəslin yerdə qalan hissəsində turşular, qələvilər və pH haqda öyrənəcək, pH dəyişməsinin canlılara niyə təsir etdiyini görəcəksiniz.

Turşular və Qələvilər

Sulu məhlulda H^+ və OH^- arasındakı tarazlığın pozulmasına nə səbəb olur? Turşular suda həll olanda, məhlula əlavə H^+ qatırlar. Məhlulda hidrogen ionunun

qatılığını artıran maddəyə **turşu** deyilir. Məsələn, xlorid turşusu (HCl) suya əlavə edildikdə, hidrogen ionları xlorid ionlarından qopur:



Bu yeni H^+ mənbəyi məhlulu turşulaşdırır, yəni H^+ -in sayını OH^- -yə nisbətən artırır.

Məhlulun hidrogen ionu qatılığını azaldan maddəyə isə **qələvi** deyilir. Bəzi qələvilər birbaşa hidrogen ionuna bağlanaraq, H^+ qatılığını azaldır. Məsələn, azotun valent təbəqəsində yerləşən və paylaşılmayan elektron cütü məhluldakı hidrogen ionlarını cəlb edəndə, ammoniyak (NH_3) qələvi kimi işləyir və ammonium ionu (NH_4^+) əmələ gətirir:



Digər qələvilər parçalanıb hidroksid ionları əmələ gətirərək hidrogen ionu qatılığını dolayı yolla azaldırlar. Yaranan hidroksid ionları hidrogen ionları ilə birləşərək su əmələ gətirir. Belə qələvilərdən biri suda ionlarına parçalanan natrium hidroksiddir ($NaOH$):



Nəticə etibarı ilə, hər iki halda qələvi H^+ qatılığını azaldır. OH^- qatılığı H^+ qatılığından çox olan məhlullar qələvi məhlullardır. H^+ və OH^- qatılıqları bərabər olan məhlullar isə neytraldır.

Diqqət edin, HCl və $NaOH$ reaksiyalarında istifadə olunan oxlar birtərəflidir. Bu maddələr su ilə qarışdırıldıqda tamamilə parçalanır. Buna görə də xlorid turşusu güclü turşu, natrium hidroksid isə güclü qələvi adlanır. Müqayisə üçün qeyd edək ki, ammoniyak zəif qələvidir. Ammoniyak reaksiyasındakı ikitərəfli ox hidrogenə birləşmə və qopma reaksiyalarının dönən olduğuna işarə edir. Buna baxmayaraq tarazlıqda NH_4^+ -ün NH_3 -ə nisbəti sabitdir.

Zəif turşular hidrogen ionlarını dönən şəkildə buraxıb, geri qəbul edən turşulardır. Bunlara misal olaraq karbonat turşusunu göstərmək olar:



Bu reaksiyada tarazlıq sol tərəfə gedən reaksiyanın lehindədir; saf suya karbonik turşu əlavə etdikdə, istənilən anda molekulların yalnız 1%-i parçalanır. Lakin bu belə, H^+ və OH^- tarazlığını dəyişdirməyə kifayət edir.

pH Şkalası

25°C sulu məhluldakı H^+ və OH^- qatılıqlarının hasili 10^{-14} -ə bərabərdir və sabitdir. Bunu aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

(Mötarizələr molyar qatılığı göstərir). Daha əvvəl də qeyd etdiyimiz kimi, 25°C-də neytral məhlulda $[H^+] = 10^{-7}$ və $[OH^-] = 10^{-7}$ olur. Buna görə də $[H^+]$ və $[OH^-]$ -in hasili 10^{-14} -dür. Məhlulun $[H^+]$ səviyyəsini 10^{-5} M-a yüksəldəcək qədər turşu əlavə olunsay, $[OH^-]$ da eyni nisbətdə azalıb 10^{-9} M olmalıdır ($10^{-5} \times 10^{-9} = 10^{-14}$). Bu dəyişməz əlaqə turşu və qələvilərin sulu məhlulda davranışlarını ifadə edir. H^+ ionu OH^- ilə birləşib su əmələ gətirməyə meyilli olduğundan, turşular sadəcə məhlula hidrogen ionları əlavə etmir, həm də məhluldakı hidroksid ionlarını azaldır. Bənzər şəkildə, qələvilər də OH^- qatılığını artırmaqdan əlavə, su əmələ gətirərək H^+ ionlarını azaldır. Məhlula OH^- qatılığını 10^{-4} M edəcək qədər qələvi əlavə olunsay, H^+ ionlarının qatılığı 10^{-10} M-a düşəcək. Sulu məhlulda H^+ və OH^- ionlarından birinin qatılığını bilmək, digərinin qatılığını hesablamaq üçün kifayət edir.

Məhlulların H^+ və OH^- qatılıqları 100 trilyon dəfəyə qədər dəyişə bilər. Buna görə də alimlər bu dəyişikliyi litrə düşən mol sayından daha rahat bir ölçü ilə ifadə edirlər. pH şkalası (Şəkil 3.11) loqarifmlərdən istifadə

edərək H^+ və OH^- qatılıqlarının intervalını yığcamlaşdırır. Məhlulun **pH**-ı hidrogen ionu qatılığının mənfi 10 əsasdan loqarifmidir:

$$pH = -\log[H^+]$$

Neytral sulu məhlulda $[H^+] = 10^{-7}$ M olduğuna görə,

$$-\log 10^{-7} = -(-7) = 7$$

Diqqət edin, H^+ qatılığı *artdıqca* pH dəyəri *azalır* (Şəkil 3.11). Həmçinin, pH şkalası H^+ qatılığına əsaslanarsa da, OH^- qatılığını dolayısı yolla göstərir. pH-ı 10 olan məhlulda hidrogen ionu qatılığı 10^{-10} M, hidroksid ionu qatılığı isə 10^{-4} M-dir.

25°C-də neytral sulu məhlulun pH-ı 7-dir, yəni pH şkalasının orta nöqtəsindədir. 7-dən aşağı pH turşuluğu göstərir; rəqəm nə qədər kiçikdirsə, məhlul da bir o qədər turşudur. Qələvi məhlulların pH-ı 7-dən yüksəkdir. Qan və tüpürcək kimi bioloji mayelərin pH-ı 6-8 arasında olur. Lakin pH dəyəri təxminən 2 olan mədə şirəsi kimi istisnalar da mövcuddur.

Unutmayın ki, pH dəyərində 1 vahid fərq H^+ və OH^- qatılıqlarında onqat fərq deməkdir. Məhz bu riyazi xassə pH şkalasını yığcam edir. pH-ı 3 olan məhlul pH-ı 6 olan məhluldan iki dəfə yox, 1000 dəfə ($10 \times 10 \times 10$) turşudur. Məhlul pH-ındakı kiçik dəyişiklik, əslində H^+ və OH^- qatılıqlarında ciddi fərq deməkdir.

Bufərlər

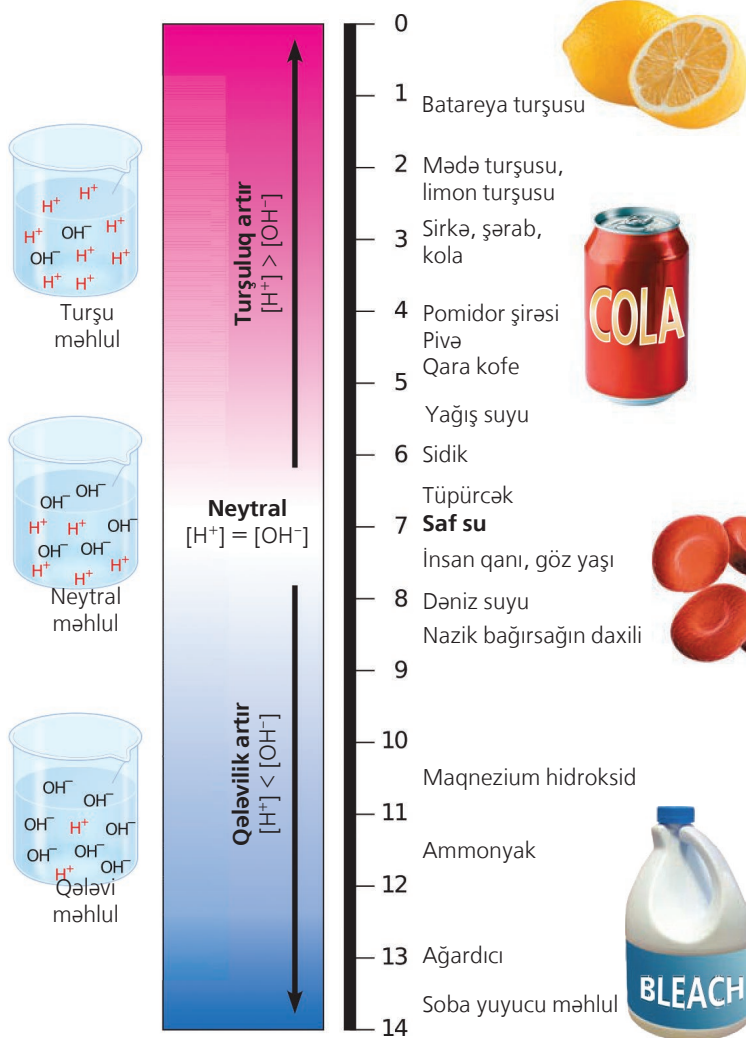
Canlı hüceyrələrin çoxunun daxili pH-ı 7-dir. Hüceyrədəki kimyəvi proseslər hidrogen və hidroksid ionlarının qatılığına qarşı çox həssas olduğu üçün pH-dakı cüzi dəyişmə belə, zərərli ola bilər. İnsan qanının pH-ı təxminən 7.4-dür, yəni azca qələvidir. Qanının pH-ı 7-yə ensə və ya 7.8-ə qalxsay, insan bir neçə dəqiqədən çox yaşaya bilməz. Buna görə də qanın pH-ını stabilləşdirmək üçün kimyəvi sistem mövcuddur. Bir

litr saf suya 0.01 mol güclü turşu əlavə olunsay, pH 7-dən 2-yə enər. Lakin qana eyni miqdarda turşu əlavə olunsay, pH sadəcə 7.4-dən 7.3-ə düşər. Turşunun qana əlavə edilməsinin pH-a təsiri, suya əlavə edilməsinin pH-a təsiri ilə müqayisədə niyə bu qədər azdır?

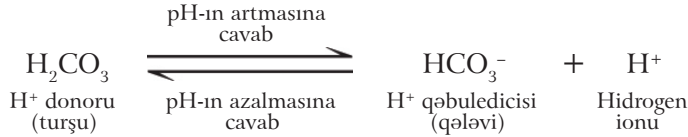
Bufər adlanan maddələr turşu və ya qələvi əlavəsinə baxmayaraq, bioloji mayelərə pH-larını sabit saxlamağa imkan verir. **Bufər** məhluldakı H^+ və OH^- qatılıqlarına edilmiş dəyişikliyi azaldan maddədir. Bunun üçün buferlər məhlulda hidrogen ionları çox olduqda onlara bağlanır, az olanda isə onları mühitə buraxır. Bir çox bufer məhlulu hidrogen ionuna dönən şəkildə bağlanan zəif turşu və qələvidən ibarətdir.

İnsan qanı və digər bioloji mayelərdə pH-ın sabilliyinə bir neçə bufer töhfə verir. Bunlardan biri CO_2 -nin qandakı su ilə reaksiyasından əmələ gələn karbonat turşusudur (H_2CO_3). Yuxarıda da qeyd etdiyimiz kimi,

▼ Şəkil 3.11 pH şkalası və bəzi sulu məhlulların pH dəyərləri.



karbonat turşusu parçalanaraq bikarbonat (HCO_3^-) və hidrogen ionu (H^+) əmələ gətirir:



Karbonat turşusu və bikarbonat arasındakı kimyəvi tarazlıq pH tənzimləyicisi kimi işləyir; məhluldakı proseslərin məhlula hidrogen ionu əlavə edib çıxarmasından asılı olaraq, reaksiyanın tarazlığı sola və ya sağa doğru dəyişir. Qandakı H^+ qatılığı azalanda reaksiya sağa doğru sürətlənir və daha çox karbonat turşusu parçalanaraq itirilmiş H^+ -i əvəzləyir. H^+ -in qatılığı artanda (pH düşəndə) isə əksinə, reaksiya sola doğru sürətlənir və HCO_3^- (qələvi) məhluldakı hidrogen ionlarını aradan qaldıraraq H_2CO_3 əmələ gətirir. Yəni karbonat-bikarbonat bufer sistemi bir-birilə tarazlıqda olan turşu və qələvidən ibarətdir. Digər buferlərin çoxu da turşu-qələvi cütüdür.

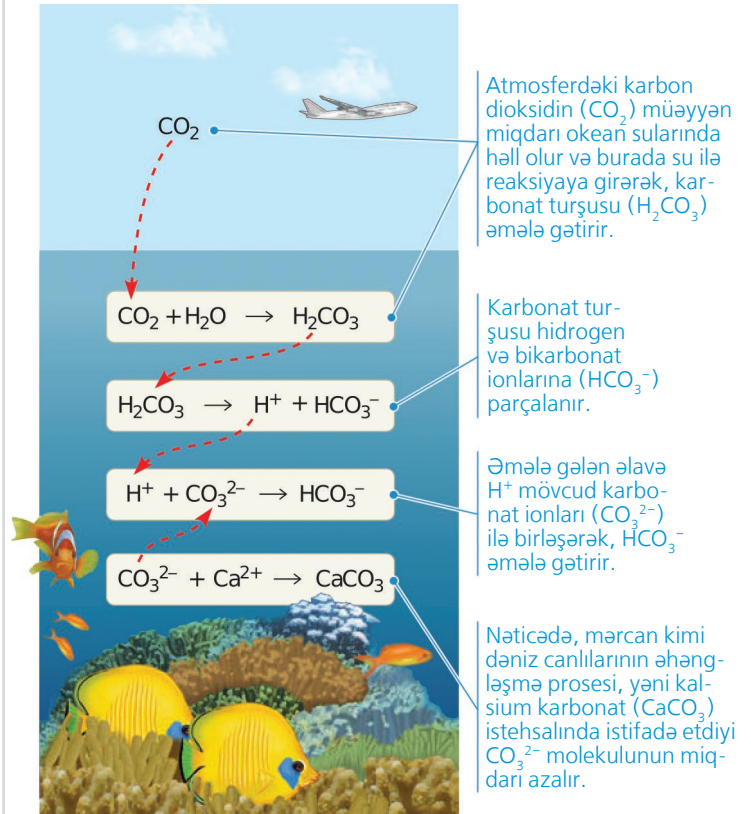
Turşulaşma: Okeanlarımızın Üzləşdiyi Təhlükə

Su keyfiyyətini təhlükə altına salan çoxsaylı insan fəaliyyətlərindən biri də atmosferə CO_2 buraxan fosil yanacaqlarının yandırılmasıdır. Bu fəaliyyətlər nəticəsində atmosferdə CO_2 miqdarı artaraq qlobal istiləşmə kimi iqlim dəyişikliyinə (Başlıq 56.4) aspektlərinə təsir göstərmişdir. Bundan əlavə, insan mənşəli CO_2 -nin 25%-i okeanlar tərəfindən udulmuşdur. Okeanlardakı suyun nəhəng həcminə baxmayaraq, alimlər bu qədər CO_2 -nin udulmasının su ekosistemlərinə zərər vuracağından narahatdırlar.

Yeni əldə edilmiş data bu narahatçılığın əsaslı olduğunu göstərir. CO_2 dəniz suyunda həll olanda su ilə reaksiyaya girərək karbonat turşusu əmələ gətirir ki, bu da okeanın pH-nı aşağı salır. **Okean turşulaşması** adlanan bu proses okeanlarda həyatı mümkün edən şərtlərin həssas balansını pozur (Şəkil 3.12). Alimlər min illər boyu buzlarda ilişib qalmış hava qabarcıqlarındakı CO_2 səviyyələrini ölçərək təyin etmişlər ki, indi okeanların pH dəyəri son 420 000 ildə olduğundan 0.1 vahid daha aşağıdır. Yeni tədqiqatlar bu rəqəmin əsrin sonunadək daha 0.3-0.5 vahid düşəcəyini təxmin edir.

Dəniz suyu turşulaşdıqca artıq hidrogen ionları karbonat ionları (CO_3^{2-}) ilə birləşərək bikarbonat ionları əmələ gətirir (HCO_3^-) və karbonat ionlarının qatılığını aşağı salır (Şəkil 3.12). Alimlərin təxminlərinə görə, okean turşulaşması 2100-cü ilədək karbonat ionu qatılığında 40% azalmaya səbəb olacaqdır. Rif istehsal edən mərcanlar və qabıqlı heyvanlar daxil olmaqla, bir çox dəniz heyvanı kalsium karbonat (CaCO_3) istehsal etmək (əhəngləşmək) üçün karbonat ionundan asılı olduğuna görə, bu azalma ciddi narahatlığa səbəb olmalıdır. Bu fəsildəki **Elmi Bacarıq Məşğələsi** karbonat ionu qatılığının mərcan rifinə təsirini öyrənən tədqiqatdan alınmış data ilə işləməyə imkan verir. Mərcan rifləri

Şəkil 3.12 İnsan fəaliyyəti nəticəsində atmosferdə yığılan CO_2 və okeanlara təsiri.



VİZUAL BACARIQ ➤ Yuxarıdakı kimyəvi tənliklər əsasında, okeana həddən artıq CO_2 əlavəsinin son tənlikdəki əhəngləşmə prosesinə necə təsir etdiyini izah edin.

çox sayda müxtəlif dəniz canlısı üçün sığınacaq rolunu oynayan, olduqca həssas ekosistemlərdir. Onların yoxa çıxması bioloji müxtəlifliyin faciəvi dərəcədə azalmasına gətirib çıxaracaqdır.

Planetimizin su resurslarının keyfiyyəti ilə bağlı optimist olmaq üçün bir səbəb varsa, o da okean, göl və çayların həssas kimyəvi tarazlıqları haqda biliyimizin artmasıdır. İnkişaf yalnız sizin kimi məlumatlı və ətraf mühit üçün narahatlıq duyan fərdlərin səyləri ilə davam edə bilər. Bunun üçünsə, suyun Yerdə həyatın əlverişli olmasında nə dərəcədə mühüm rol oynadığını anlamalıyıq.

YOXLAMA 3.3

1. pH-ı 4 olan turş məhluldakı hidrogen ionlarının (H^+) miqdarı, pH-ı 9 olan qələvi məhluldakı hidrogen ionlarından _____ dəfə çoxdur.
2. HCl suda parçalanan güclü turşudur: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$. 0.01 M HCl-un pH-ı neçədir?
3. Etan turşusu (CH_3COOH) da karbonat turşusu kimi bufer ola bilər. Onun parçalanma reaksiyasını yazıb turşunu, qələvini, H^+ qəbuledicisini və H^+ donorunu göstərin.
4. **ƏGƏR** ➤ Bir litr saf suyun və bir litr etan turşusu məhlulunun hər birinə 0.01 mol güclü turşu əlavə etsək, məhlulların pH-ı ümumilikdə necə dəyişər? Üçüncü sualdakı reaksiyadan istifadə edərək gəldiyiniz nəticəni izah edin.

ELMI BACARIQ MƏŞĞƏLƏSİ

Regressiya Xətli Səpmə Diaqramının Şərhi

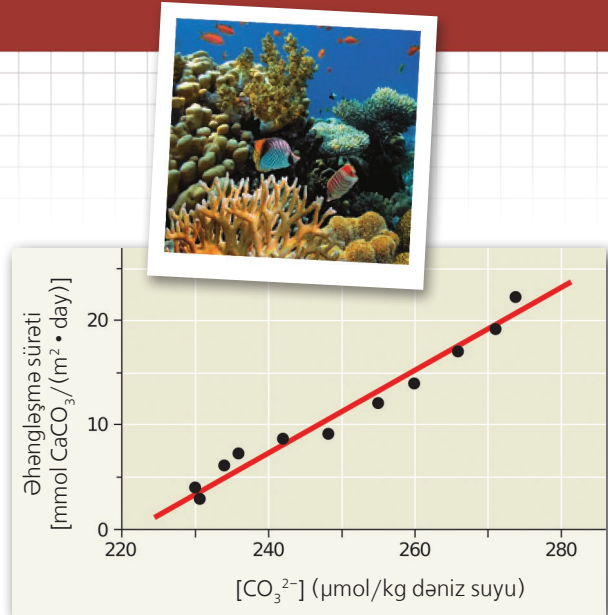
Dəniz Suyundakı Karbonat İonu Qatılığı Mərcan Riflərinin Əhəngləşmə Sürətinə Necə Təsir Edir? Alimlərin təxminlərinə görə, atmosferdə CO_2 səviyyəsinin artması səbəbilə yaranan okean turşulaşması mərcanların kalsium karbonatdan ibarət olan rifləri tikmək üçün istifadə etdiyi həll olmuş karbonat ionunun qatılığını aşağı salacaq. Bu məşğələdə karbonat ionu qatılığının ($[\text{CO}_3^{2-}]$) əhəngləşmə kimi tanınan kalsium karbonat yığılması prosesinə necə təsir etdiyini tədqiq edən kontrollu təcrübədən əldə olunmuş datanı analiz edəcəksiniz.

Təcrübə Necə Aparılmışdır Alimlər illərlə Arizonada yerləşən "Biosfer 2" adlı mərcan rifi akvariumundan istifadə edərək, okean turşulaşmasını tədqiq etmişlər. Rif orqanizmlərinin əhəngləşmə sürətini hesablamış və bu sürətin karbonat ionlarının miqdarından asılı olaraq necə dəyişdiyini izləmişlər.

Təcrübə Datası Qrafikdəki qara nöqtələr səpmə diaqramını əmələ gətirir. Qırmızı xətt isə xətti regressiyanı təmsil edir və qara nöqtələrə ən yaxşı uyğun düz xətdir.

DATANI ŞƏRH EDİN

1. Eksperimental data qrafikində ilk növbədə oxların nəyi göstərdiyini təyin etməliyik. (a) x oxunda nəyin göstərildiyini yazılı olaraq izah edin. Vahidləri də qeyd etməyi unutmayın. (b) y oxunda göstərilən nədir (vahidi də qeyd edin)? (c) Sərbəst dəyişən, yəni alim tərəfindən yönləndirilən dəyişən hansıdır? (d) Asılı dəyişən, yəni sərbəst dəyişənə uyğun və ya ondan asılı olaraq dəyişən və alim tərəfindən ölçülən dəyişən hansıdır? (Qrafiklərlə bağlı əlavə məlumat üçün **Əlavə F**-də *Elmi Bacarıqların Xülasəsi* bölməsinə baxın).
2. Qrafikdə göstərilən dataya əsasən, karbonat ionu qatılığı ilə əhəngləşmə sürəti arasındakı əlaqəni yazılı olaraq izah edin.
3. (a) Dəniz suyunun karbonat ionu qatılığı 270 $\mu\text{mol/kg}$ dəyərinə qədirsə, əhəngləşmənin sürəti təxminən nə qədərdir? Bu qatılıq



Data Mənbəyi: C. Langdon et al., Effect of calcium carbonate saturation state on the calcification rate of an experimental coral reef, *Global Biogeochemical Cycles* 14:639–654 (2000).

səviyyəsində, 1 m^2 rifin 30 mmol kalsium karbonat yığılması üçün neçə gün lazımdır? (b) Dəniz suyunun karbonat ionu qatılığı 250 $\mu\text{mol/kg}$ dəyərinə qədirsə, əhəngləşmənin sürəti təxminən nə qədərdir? Bu qatılıq səviyyəsində, 1 m^2 rifin 30 mmol kalsium karbonat yığılması üçün neçə gün lazımdır? (c) Karbonat ionu qatılığı azalanda əhəngləşmə sürəti necə dəyişir və bu mərcanın böyümə müddətinə necə təsir edir?

4. (a) Şəkil 3.12-dəki tənliklərə baxaraq, təcrübədə prosesin hansı mərhələsinin ölçüldüyünü təyin edin. (b) Təcrübədən əldə olunan nəticələr, artan atmosferik $[\text{CO}_2]$ səviyyəsinin mərcan riflərinin böyümə sürətini azaldacağı fikri ilə uzlaşır mı? Cavabınızı əsaslandırın.

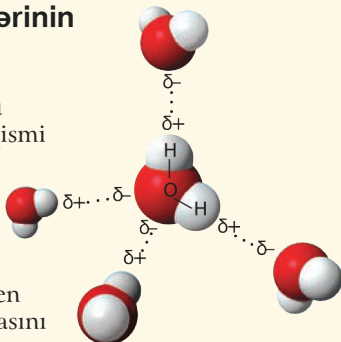
3 Fəslin İcmalı

ƏSAS ANLAYIŞLARIN XÜLASƏSİ

BAŞLIQ 3.1

Su molekulundakı polyar kovalent rabitələr hidrogen rabitələrinin yaranması ilə nəticələnir

- Su polyar molekuludur. Bir su molekulunun oksigenindəki qismi mənfi yük qonşuluqdakı başqa bir su molekulunun hidrogenindəki qismi müsbət yükə cəzb olunanda hidrogen rabitəsi yaranır. Su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsi suyun xassələrinin əsasını təşkil edir.



TƏSVİR ET ➤ Diaqramda göstərilmiş beş su molekulunun hidrogen və polyar kovalent rabitələrini işarələyin. Hidrogen rabitəsi kovalent rabitədir mi? İzah edin.

BAŞLIQ 3.2

Suyun dörd yaranan xassəsi Yer kürəsini həyat üçün əlverişli edən faktorlardandır

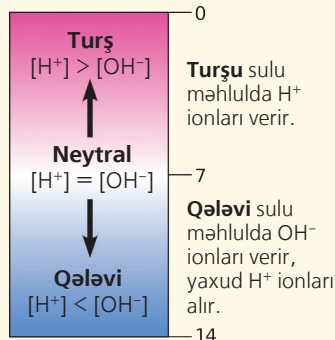
- Hidrogen rabitəsi su molekullarını bir-birinə yaxın saxlayaraq, suya **koheziya** qabiliyyəti qazandırır. **Səthi gərilmə** xassəsi də hidrogen rabitələrindən qaynaqlanır.
- Suyun yüksək xüsusi **istilik tutumu** var. Hidrogen rabitələrinin qırılması ilə istilik udulur, yaranması ilə aşkara çıxır. Bu yolla **temperatur** həyat üçün əlverişli aralıqda saxlanılır. **Buxarlanma yolu ilə soyuma** xassəsi suyun yüksək **buxarlanma istiliyindən** qaynaqlanır. Yüksək enerjili su molekullarının buxarlanma yolu ilə itirilməsi suyun səthini soyudur.

- Buzun maye su üzərində üzmə səbəbi onun sıxlığının maye suyun sıxlığından az olmasıdır. Bu xassə göllər və qütblərdəki dənizlərin donmuş səthlərinin altında canlıların yaşamasına imkan verir.
 - Polyar su molekulları ionlar tərəfindən və hidrogen rabitəsi qura bilən digər polyar maddələr tərəfindən cəzb olunduğu üçün su çox güclü **həllədicidir**. **Hidrofilik** maddələrin suya qarşı hərisliyi varkən, **hidrofobik** maddələrdə bu xassə yoxdur. Bir litr **məhluldakı həllolan** mol sayını göstərən **molyarlıq**, məhluldakı həllolan qatılığını göstərən ölçü vahididir. **Mol** müəyyən sayda molekulu ifadə edir. Bir mol maddənin qramla kütləsi onun **molekulyar kütləsinə** (daltonla) bərabərdir.
 - Suyun yaranan xassələri Yer kürəsində canlı təbiəti mümkün etdiyi kimi, başqa planetlərdə də həyatın yaranmasına potensial olaraq şərait yarada bilər.
- ?** Suyun yaranan xassələri Yer kürəsində canlı təbiəti mümkün etdiyi kimi, başqa planetlərdə də həyatın yaranmasına potensial olaraq şərait yarada bilər.

BAŞLIQ 3.3

Mühitin turşuluğu və qələvililiyi canlılara təsir edir

- Bir su molekulu başqa bir su molekuluna H^+ ötürərək H_3O^+ (sadə şəkildə H^+ olaraq göstərilir) və OH^- əmələ gətirə bilər.
 - H^+ qatılığı **pH** ilə ifadə olunur; $pH = -\log [H^+]$. Bufer hidrogen ionlarına döən şəkildə bağlanaraq pH dəyişmələrinə müqavimət göstərən turşu-qələvi cütündən ibarətdir.
 - Fosil yanacaqlarının yandırılması atmosferdəki CO_2 miqdarını artırır. CO_2 -nin müəyyən hissəsi okeanlarda həll olaraq **okean turşulaşmasına** yol açır ki, bu da öz növbəsində, əhəngləşmədən asılı olan dəniz heyvanları üçün böyük təhlükə törədir.
- ?** Sulu məhlula qələvi əlavə edərək OH^- qatılığını 10^{-3} səviyyəsinə qaldıranda məhluldakı hidrogen ionu qatılığının necə dəyişdiyini izah edin. Məhlulun pH-ı neçədir?



SINAQ

Səviyyə 1: Bilik və Anlama

- Aşağıdakılardan hansı hidrofobik maddədir?
A) kağız B) xörək duzu
C) mum D) şəkər
- Bir mol şəkər tozu ilə bir mol C vitamini eyni _____ malikdir.
A) kütləyə B) həcmə
C) atom sayına D) molekul sayına
- Gölün pH səviyyəsinin 4.0 olduğu təyin olunmuşdur. Gölün hidrogen ionu qatılığı neçədir?
A) 4.0 M
B) 10^{-10} M
C) 10^{-4} M
D) 10^4 M
- Üçüncü sualda təsvir olunan gölün hidroksid ionu qatılığı neçədir?
A) 10–10 M B) 10^{-4} M
C) 10^{-7} M D) 10.0 M

Səviyyə 2: Tətbiq və Analiz

- Bir dilim pizzada 500 kcal enerji var. Pizzanı yandıraraq, yaranan istiliyi 50 litrlik soyuq suyu qızdırmağa sərf etsək, suyun temperaturu təxminən nə qədər dəyişər? (Qeyd: Bir litr soyuq suyun çəkisi təxminən 1 kg-dır.)
A) $50^\circ C$ B) $5^\circ C$
C) $100^\circ C$ D) $10^\circ C$
- TƏSVİR ET** Kalium xlorid suda həll olunduqda kalium və xlor ionları ətrafında əmələ gələn hidrasiya təbəqəsini çəkin. Atomlardakı müsbət, mənfi və qismi yükləri işarələyin.

Səviyyə 3: Sintez və Dəyərləndirmə

- Əkinçiliklə məşğul olan fermerlər hava proqnozlarını daima izləyirlər. Fermerlər proqnozlaşdırılan gecə şaxtasından əvvəl bitkilərin üstünə su səpirlər. Suyun xüsusiyyətləri haqda öyrəndiklərinizdən yola çıxaraq, bu metodun nə işə yaradığını izah edin. Hidrogen rabitələrinin bu məfhumla əlaqəsini izah etməyi unutmayın.
- ƏLAQƏ QUR** İqlim dəyişikliyi (Bəşlik 1.1 və 3.2) ilə okean turşulaşmasının ortaq cəhətləri nələrdir?
- TƏKAMÜL ƏLAQƏSİ** Bu fəsildə suyun yaranan xassələrinin Yer kürəsini yaşamaq üçün əlverişli edən faktorlardan biri olduğunu gördük. Alimlər bu yaxınlardakı digər faktorların mülayim temperatur aralığı, pH, atmosfer təzyiqi, duzluluq və zəhərli maddə qatılığının azlığı olduğunu düşünürdülər. Lakin isti, turş kükürlü bulaqlarda, okeanın dərinliklərindəki hidrotermal bacaların ətrafında və yüksək miqdarda zəhərli metalların olduğu torpaqlarda yaşayan ekstrimofil adlanan canlıların kəşfi ilə bu düşüncə dəyişmişdir. Astrobioloqlar niyə ekstrimofilləri öyrənməkdə maraqlıdılar? Bu cür ifrat şəraitlərdə canlı həyatın mövcudluğu başqa planetlərdə həyatın varlığı ilə bağlı nə deyə bilər?
- ELMİ TƏDQIQAT** Turşu yağışları nəticəsində suyun turşulaşmasının şirin su bitkisi olan *Elodea*-nın böyüməsinə mane olacağı hipotezini yoxlamaq üçün kontrollu təcrübə dizayn edin (Şəkil 2.17).
- ESSE: QURULUŞ** Suyun yaranan xassələri Yer kürəsini həyat üçün əlverişli edən faktorlardandır. Qısa bir inşə ilə (100-150 söz) suyun həllədicisi olaraq universal olmasının su molekullarının strukturundan hansı şəkildə asılı olduğunu izah edin.
- SİNTEZ**



Pişiklər suyu necə içir? Alimlər yüksək sürətli kamera vasitəsilə pişiyin su və süd kimi mayeləri maraqlı bir metodla içdiyini kəşf etmişlər. Pişik suya saniyədə dörd dəfə dilinin ucu ilə toxunaraq, ağzına doğru su sütunu yaradır (şəkildən də gördüyünüz kimi) və su cazibə qüvvəsinin

təsirilə geri qayıtmağa imkan tapmamış ağzını bağlayır. Suyun molekulyar strukturu daxil olmaqla, hansı xassələri pişiyə bu şəkildə içməyə imkan verir?

Karbon və Canlı Təbiətin Molekulyar Müxtəlifliyi

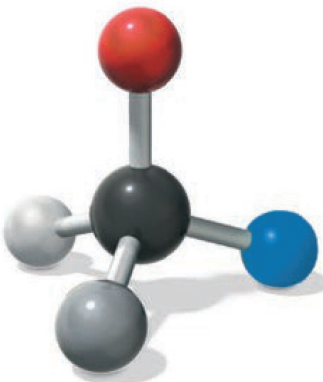
4



▲ Şəkil 4.1 Karbonu həyatın təməli edən onun hansı xassələridir?

ƏSAS ANLAYIŞLAR

- 4.1 Üzvi kimya karbon birləşmələrini öyrənən elmdir
- 4.2 Dörd atomla rabitə qura bilən karbon müxtəlif molekullar yarada bilir
- 4.3 Bioloji əhəmiyyətli kimyəvi qruplar



▲ Karbon dörd başqa atom və atom qrupları ilə rabitə qurmaq qabiliyyəti sayəsində, geniş çeşiddə molekul yarada bilir.

Karbon: Canlı Təbiətin Gövdəsi

Şəkil 4.1-də gördüyünüz Qınlıq qızıl meymunu kimi canlı orqanizmlər əsasında karbon elementi dayanan kimyəvi maddələrdən ibarətdir. Karbon günəş enerjisi ilə atmosferdəki CO_2 -ni karbon əsaslı molekullara çevirən istehsalçıların, yəni bitki və digər fotosintez qabiliyyəti olan canlıların fəaliyyəti nəticəsində biosferə daxil olur. Bu karbon molekulları daha sonra istehsalçılar ilə bəslənən istehlakçılara keçir.

Bütün digər kimyəvi elementlərdən fərqli olaraq, karbon Yer kürəsinə mövcud olan bütün canlı müxtəlifliyini yarada biləcək qədər böyük, mürəkkəb və çeşidli molekullar əmələ gətirir və bu baxımdan bənzərsizdir. Protein, DNA, karbohidrat kimi, canlıları cansızlardan fərqləndirən molekullar karbon atomlarının öz aralarında və digər atomlarla birləşməsi nəticəsində əmələ gəlir. Hidrogen (H), oksigen (O), azot (N), kükürd (S) və fosfor (P) atomları bu birləşmələrin adi iştirakçıları olsalar da, bioloji molekulların sonsuz müxtəlifliyindən cavabdeh olan məhz karbon (C) elementidir.

Protein kimi böyük bioloji molekullar Fəsil 5-in mövzudur. Bu fəsildə isə kiçik molekullardan istifadə edərək, karbonun canlı təbiət üçün nəyə görə vacib olduğunu açıqlayan molekulyar struktur mövzusunun müxtəlif anlayışlarını öyrənəcəksiniz. Eyni zamanda, *yaranan xassələrin* canlı orqanizmdə maddənin strukturundan necə ortaya çıxdığını vurğulayacağıq.

BAŞLIQ 4.1

Üzvi kimya karbon birləşmələrini öyrənən elmdir

Tarixi səbəblərdən ötrü karbon ehtiva edən birləşmələrə üzvi maddələr, bu maddələri öyrənən elmə isə üzvi kimya deyilir. Artıq 19-cu əsrin əvvəllərində kimyaçılar müəyyən şərtlər altında elementlərdən bəzi sadə birləşmələri əldə etməyi öyrənmişdilər. Ancaq canlı orqanizmlərdən götürülən mürəkkəb molekulaların süni şəkildə sintezi qeyri-mümkün görünürdü. Bu üzvi maddələrin ancaq canlılarda əmələ gələ biləcəyi düşünlürdü; canlıların isə fizika və kimya qanunlarından kənarda, təbiəüstü gücə sahib olduğuna inanırdılar.

Kimyaçılar üzvi maddələri laboratoriyada istehsal etməyə nail olduqları zaman, bu anlayışlardan şübhə duyulmağa başlandı. 1828-ci ildə alman kimyaçı Friedrich Wöhler ammonium (NH_4^+) və sianat (CNO^-) ion məhlullarını qarışdıraraq, “qeyri-üzvi” duz olan ammonium sianat əldə etməyə çalışırdı. Wöhler bunun əvəzinə heyvan sidiiyindəki üzvi birləşmə olan urea (sıdık cövhəri) əldə etdiyini görəndə çox təəccüblənmişdi.

Sonrakı onilliklər getdikcə daha da mürəkkəb üzvi maddələrin sintezinə şahidlik etdi. Bu kəşflər canlılarda gedən proseslərin də, eynilə fizika və kimya elmlərinin qanunlarına tabe olduğunu göstərdi. Üzvi kimya mənbəyindən asılı olmayaraq, karbon birləşmələri ehtiva edən maddələri öyrənən elmə çevrildi. Üzvi birləşmələr metan (CH_4) kimi sadə molekulardan başlayıb protein kimi minlərlə atomdan ibarət nəhəng molekulara qədər uzanan geniş spektrə səpələnmişdir.

Üzvi Maddə və Yer Kürəsindəki Həyatın Mənşəyi

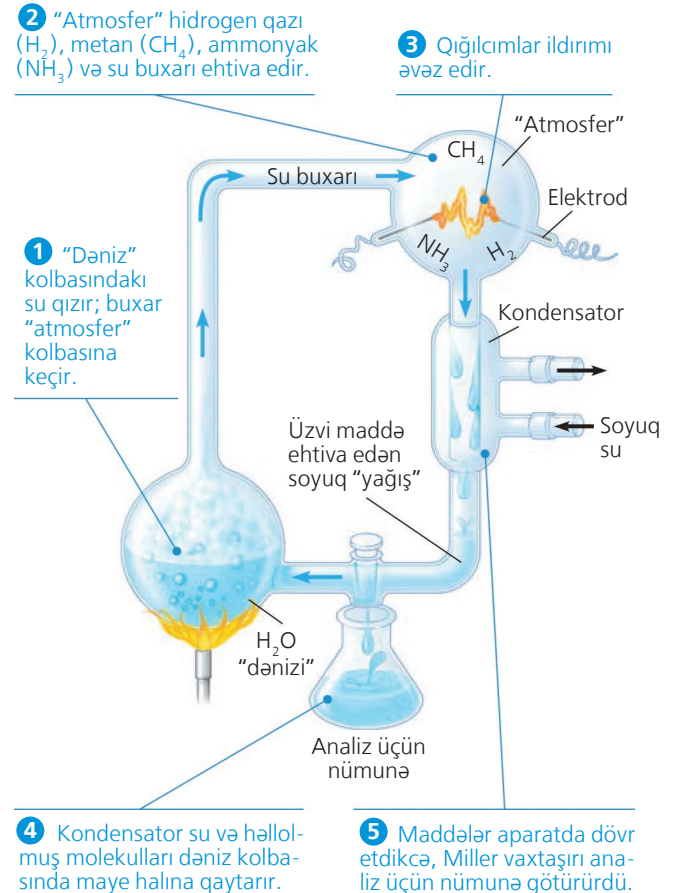
TƏKAMÜL 1953-cü ildə Stanley Miller Çikaqo Universitetində Harold Urey-in laboratoriyasında tələbə ikən, üzvi birləşmələrin abiotik (canlı olmadan) sintezinin təkamül kontekstinə yerləşdirməsinə kömək etdi. Bu məşhur təcrübə **Şəkil 4.2**-də təsvir edilmişdir. Təcrübə əsasında Miller belə bir nəticəyə gəlir ki, mürəkkəb üzvi maddələr Yer kürəsinin erkən dövrlərində mövcud olduğu düşünülməli şərtlər altında öz-özünə əmələ gələ bilər. Bu təcrübələr abiotik üzvi maddə sintezinin (məsələn, vulkan yaxınlığında) həyatın təkamülündə ilkin mərhələ rolu oynadığı fikrini dəstəkləyir (Şəkil 25.2). Miller-in təcrübəsi ilə bağlı **Elmi Bacarıq Məşğələsi** mövcuddur.

Canlı həyatı təşkil edən əsas elementlərin (C, H, O, N, S və P) təqribi nisbətinin bir orqanizmdən digərinə çox fərqlənməməsi bütün canlıların ortaq mənşəyindən xəbər verir. Karbonun dörd rabitə əmələ gətirmək qabiliyyəti, bu məhdud saydakı təməl atomlardan bitməz-tükənməz müxtəliflikdə üzvi molekulaların yaranmasını mümkün edir. Bir növü digərindən, bu növə aid fərqləri bir-birindən fərqləndirən, onların yaratdıqları üzvi molekulardakı fərqlilikdir. Bir mənada, bu planet-

Şəkil 4.2

Sual. Yer kürəsinin ilk dövrlərində mövcud olduğu təxmin olunan şəraitə oxşar şəraitdə üzvi maddə yarana bilərmə?

Təcrübə. 1953-cü ildə Stanley Miller Yer kürəsinin ilkin dövrlərində mövcud olduğu düşünülməli şərtləri yamsılamaq üçün qapalı bir sistem qurur. Qədim dənizləri yamsılayan (simulasiya edən) kolbadakı su qızdırılır və buxara çevrilərək ikinci, daha yüksəkə yerləşən və “atmosfer”, yəni qaz qarışığı ehtiva edən kolbaya keçirilir. Bu süni atmosfərə ildırımın əvəzinə, elektrik boşalmaları buraxılır.



Nəticə Miller canlılarda tez-tez təsadüf olunan bir sıra üzvi maddə əldə edir. Bunlar arasında formaldehid (CH_2O), hidrogen sianid (HCN) kimi sadə birləşmələrlə yanaşı, amin turşu, karbon və hidrogendən ibarət uzun zəncirlər (hidrokarbon) kimi mürəkkəb birləşmələr də tapılır.

Mülahizə Ehtimal ki, həyatın ilk addımı olan üzvi molekulalar Yer kürəsinin ilkin dövrlərində abiotik sintez yolu ilə əmələ gəlmişdir. Yeni tədqiqat nəticələri Yer kürəsinin qədim atmosfer tərkibinin Miller-in təcrübəsindəkindən fərqli olduğuna işarə etsə də, bu fərqli "atmosfer" ilə aparılan sınaqlar göstərmişdir ki, üzvi maddələr burada da yarana bilər. (Bu nəzəriyyədən Başlıq 25.1-də ətraflı şəkildə bəhs edəcəyik).

Qaynaq: S. L. Miller, A production of amino acids under possible primitive Earth conditions, *Science* 117:528–529 (1953).

ƏGƏR > Miller sınaqlarında NH_3 qatılığını artırıbsaydı, əmələ gələn HCN və CH_2O məhsullarının nisbi miqdarları necə dəyişərdi?

ELMI BACARIQ MƏŞĞƏLƏSİ

Mol və Molyar nisbət

İlk Bioloji Molekullar Qədim Yer Kürəsində Vulkan Yaxınlığında Yarana Bilərdimi? Əvvəllər Stanley Miller-in yanında tədqiqat aparmış Jeffrey Bada 2007-ci ildə Miller-in 1958-ci ildə apardığı sınaqlardan əldə olunan, lakin heç vaxt analiz edilməmiş bir neçə nümunə tapmışdır. Miller təcrübədə reaktiv qarışığına digər qazlarla yanaşı, H_2S (sulfid qazı) də əlavə etmişdi. Bu təcrübə H_2S vulkan tərəfindən havaya buraxıldığına görə qədim dünyanın vulkan ətrafındakı şərtlərini yamsılamaq üçün dizayn edilmişdir. 2011-ci ildə Bada və əməkdaşları bu "itmiş" nümunədən əldə olunan nəticələri yayımladılar. Bu məşğələdə hesablamalar üçün H_2S təcrübəsindəki reaktiv və məhsulların molyar nisbətləri istifadə olunur.

Təcrübə Necə Aparılmışdır? Laboratoriya qeyd dəftərinə əsasən, Miller məşhur sınağında istifadə etdiyi eyni aparatdan (Şəkil 4.2) faydalanmış, ancaq reaktiv qazların içində metan (CH_4), karbon dioksid (CO_2), hidrogen disulfid (H_2S) və ammonyak (NH_3) da olmuşdur. O, üç günlük vulkan simulyasiyasından sonra nümunələr toplamış və kimyəvi maddələri qismən saflaşdıraraq, nümunələri steril qablarda qoruyub saxlamışdı. 2011-ci ildə Badanın tədqiqat komandası yeni analiz metodlarından istifadə edərək, bu məhsulu ehtiva edən qablarda protein vahidi olan aminturşu axtarışına başlamışdılar.

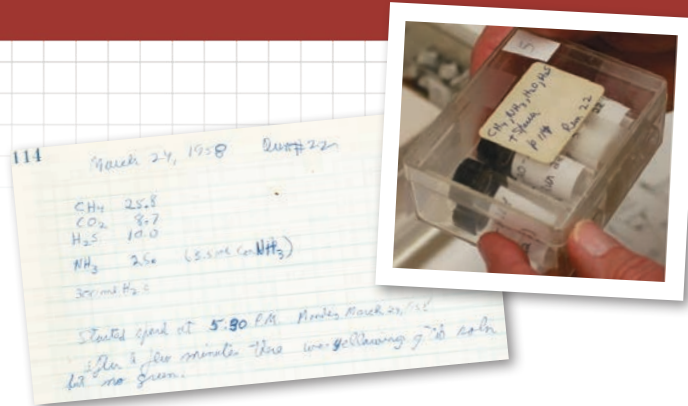
Təcrübə Datası Cədvəldə Miller-in 1958-ci ildə apardığı H_2S təcrübəsinin 2011-ci il analizində tapılmış 23 aminturşudan sadəcə dördü göstərilmişdir.

Məhsullar	Molekulyar Formul	Molyar Nisbət (Qlisinə nisbətə)
Qlisin	$C_2H_5NO_2$	1.0
Serin	$C_3H_7NO_3$	3.0×10^{-2}
Metionin	$C_5H_{11}NO_2S$	1.8×10^{-3}
Alanin	$C_3H_7NO_2$	1.1

Data mənbəyi: E. T. Parker et al., Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H_2S -rich spark discharge experiment, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 108:5526-5531 (2011). www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1019191108.

DATANI ŞƏRH ET

1. Mol maddənin dalton vahidi ilə bir molekulunun (yaxud atom) kütləsinə bərabər sayda zərrəciklərin sayıdır. 1.0 molda (Avogadro sayı; Başlıq 3.2) 6.02×10^{23} ədəd molekul (yaxud atom) mövcuddur.



▲ Stanley Miller-in 1958-də apardığı hidrogen sulfid (H_2S) təcrübəsinin qeydləri və istifadə etdiyi nümunə qabları.

dur. Cədvəldəki rəqəmlər Miller-in H_2S təcrübəsindən əldə etdiyi bəzi məhsulların "molyar nisbəti"dir. Molyar nisbətə vahidsiz dəyərlərin hər biri təcrübədəki müəyyən bir standart əsasən hesablanır. Burada standart qismində qlisin aminturşusunun mol sayı seçilmiş və ona şərti olaraq 1.0 dəyəri verilmişdir. Məsələn, serinin molyar nisbəti 3.0×10^{-2} -dir və bu hər bir mol qlisin üçün 3.0×10^{-2} mol serin olduğu mənasına gəlir. (a) Metioninin qlisinə olan molyar nisbətini tapıb bu rəqəmin nə mənaya gəldiyini izah edin. (b) Qlisinin 1.0 molunda neçə molekul mövcuddur? (c) Hər 1.0 mol qlisin üçün nümunədə neçə molekul metionin var? (Unutmayın ki, qüvvətləri olan iki rəqəmin hasilini hesablayarkən qüvvətlərini toplamalı, bölərkən isə bölənin qüvvətini bölünənin qüvvətindən çıxmalısınız: $10^2 \times 10^2 = 10^4$; $10^4 / 10^2 = 10^2$)

2. (a) Hansı aminturşunun miqdarı qlisindən çoxdur? (b) Bu aminturşudan 1.0 mol qlisində olandan neçə ədəd artıq molekul mövcuddur?
3. Məhsulun nə qədər istehsal olunduğu reaktiv tərəfindən təyin olunur? (a) CH_4 , NH_3 , H_2S və CO_2 maddələrinin hər birindən bir mol qabdakı 1 litr suya (55.5 mol H_2O) əlavə olunur. Bu qabda neçə mol hidrogen, karbon, oksigen, azot və kükürd mövcuddur? (b) Cədvəldəki molekulyar formul əsasında 1.0 mol qlisin almaq üçün hər bir elementdən neçə mol olmalıdır? (c) Başqa maddələr istehsal olunmasa, qabdakı ilkin reaktivləri istifadə edərək maksimum neçə mol qlisin əldə etmək mümkündür? izah edin. (d) Əgər serin və metionin ayrı-ayrılıqda istehsal olunsaydı, maddələrdən hər biri üçün hansı element(lər) daha əvvəl tükənərdi? Məhsulların hər birindən nə qədər əldə etmək olar?
4. Miller-in ilkin təcrübələrində H_2S reaktivlər arasında deyildi (Şəkil 4.2). Data cədvəlində göstərilən hansı birləşmə H_2S ehtiva edən təcrübədən əldə oluna biləcəyi halda, əvvəlki təcrübələrdən alına bilməzdi?

BAŞLIQ 4.2

Dörd atomla rabitə qura bilən karbon müxtəlif molekullar yarada bilir

Atomun kimyəvi xassələri onun elektron düzülüşündən asılıdır. Bu konfigurasiya atomun digərləri ilə quraçağı rabitələrin növ və sayını təyin edir. Xatırladaq ki, atomlararası rabitədə iştirak edənlər ən xarici təbəqədə yerləşmiş valent elektronlarıdır.

dəki canlı orqanizmlərdə və cansız fosillərdəki sonsuz müxtəliflik karbonun unikal kimyəvi xassələri sayəsində mümkündür.

YOXLAMA 4.1

1. Wöhler sidik cövhəri sintez etdiyini anlayanda niyə təəccüblənmişdi?
2. **VİZUAL BACARIQ** ► Miller əsas təcrübə ilə yanaşı, elektrik boşalmalarının olmadığı yoxlama sınağı (kontrol qrupu) da aparmış və üzvi maddə əldə etməmişdir (Şəkil 4.2). Bu müşahidəni necə izah etmək olar?

▼ Şəkil 4.3 Üç sadə üzvi maddənin forması

Molekul və forması	Molekul formulu	Struktur formulu	Top-çubuq modeli (Forma qırmızı xətlə göstərilmişdir.)	Şar modeli
(a) Metan. Bir karbon atomu başqa dörd atom ilə rabitə quranda molekul tetrahedron formasını alır.	CH_4	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$		
(b) Etan. Bir molekul birdən çox tetrahedronşəkilli təkraitəli atomlardan ibarət qrupa sahib ola bilər. (Etan iki belə qrupdan ibarətdir).	C_2H_6	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$		
(c) Eten (etilen). İki karbon atomu ikiqat rabitə ilə bağlandıqda bu iki karbona qoşulmuş bütün atomlar onlar ilə eyni müstəvidə yerləşir və molekul yastı olur.	C_2H_4	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \backslash \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$		

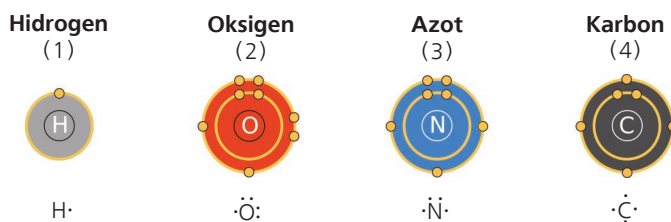
Karbon Rabitələrinin Əmələ Gəlməsi

Karbonun iki ədədi birinci elektron təbəqəsində, dördü isə ikinci elektron təbəqəsində olmaqla, 6 elektronu var; beləcə, onun tutumu 8 elektron olan təbəqəsində 4 valent elektronu mövcuddur. Adətən, karbon öz 4 elektronunu digər atomlarla paylaşaraq valent təbəqəsini doldurur və 8 elektronlu hala gəlir. Paylaşılan hər bir elektron cütü kovalent rabitə əmələ gətirir (Şəkil 2.10d). Üzvi birləşmələrdə karbon adətən təkqat və ikiqat rabitə qurur. Karbon aid olduğu molekulun dörd istiqamətə budaqlana biləcəyi kəşismə nöqtəsi rolunu oynayır və nəticədə böyük, mürəkkəb molekulalar əmələ gətirməyə imkan verir.

Bir karbon atomu dörd təkqat kovalent rabitə əmələ gətirəndə, onun dörd hibrid orbitalının düzülüşü rabitələrin xəyali tetrahedronun küncələrinə doğru açılmasına səbəb olur. Metandakı (CH_4) rabitə bucağı 109.5° -dir (Şəkil 4.3a) və bu, karbonun dörd təkqat rabitəsi olan hər atom qrupunda təxminən eynidir. Məsələn, etan (C_2H_6) bir-birinin üzərini örtən iki tetrahedrona bənzəyir (Şəkil 4.3b). Daha çox karbonlu molekularda, hər karbon qruplaşması tetrahedron şəkilli dörd başqa atoma birləşib. Amma iki karbon atomu etandakı kimi (C_2H_4) ikiqat rabitə ilə birləşəndə, hər iki karbondakı rabitələr eyni müstəvidə yerləşir, ona görə də o karbonlara birləşən atomlar da eyni müstəvidə olur (Şəkil 4.3c). Biz molekulaları sanki ikiölçülüymüş kimi struktur formulları ilə yazmağı daha əlverişli hesab edirik, lakin molekulaların üçölçülü olduğunu və molekulun formasının funksiyası üçün vacibliyini unutmayın.

▼ Şəkil 4.4 Üzvi molekulardakı əsas elementlərin valentliyi.

Valentlik – atomun yarada bildiyi kovalent rabitə sayı – çox vaxt valent təbəqənin doldurulması üçün lazım olan elektron sayına bərabərdir. Üstdəki elektron paylanma diaqramında bütün elektronlar göstərilmişdir. Aşağıda isə sadəcə Lewis nöqtə strukturunda olan elektronlar verilmişdir. Karbonun dörd rabitə əmələgətirmə qabiliyyəti olduğuna diqqət edin. Valentliklər mötərizədə verilmişdir.

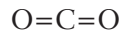


ƏLAQƏ QUR ► Natrium, fosfor, kükürd və xlor atomlarının Lewis nöqtə strukturunu çəkin (istinad üçün bax Şəkil 2.7).

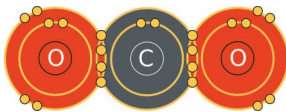
Atomun valent təbəqəsindəki cütləşməmiş elektronların sayı atomun valentliyinə və yarada biləcəyi kovalent rabitələrin sayına bərabərdir. Şəkil 4.4 karbonun valentliyini və onun ən çox təsadüf olunan rabitə partnyorlarını – hidrogen, oksigen və azotu göstərir. Bunlar üzvi molekulardakı dörd əsas atomlardır.

Karbonun elektron konfigurasiyası onun bir sıra başqa elementlə kovalent rabitə qurması üçün uyğundur. Valentlik və kovalent rabitə qaydalarının karbonun qeyri-hidrogen partnyorlarına necə tətbiq olunduğunu ələ alaq. Karbon dioksid və sidik cövhəri kimi iki sadə nümunəni nəzərdən keçirək.

Karbon dioksid molekulunda (CO_2) bir karbon atomu ikiqat kovalent rabitəylə iki oksigen atomuna birləşib. CO_2 molekulunun struktur formulu aşağıda göstərilib:

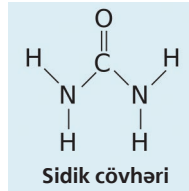


Struktur formulundakı hər xətt ortaq elektron cütünü təmsil edir. Buna görə də CO_2 -dəki iki qoşa rabitə dörd təkqat rabitədəki qədər ortaq elektrona sahibdir. Düzülüş molekuldakı bütün atomların valent təbəqələrini tamamlayır:



CO_2 çox sadə və hidrogendən məhrum olduğuna görə karbon ehtiva etməsinə baxmayaraq bəzən qeyri-üzvi kimi qəbul olunur. CO_2 -nin üzvi və ya qeyri-üzvi kimi sinifləndirilməsindən asılı olmayaraq canlı aləmə karbon mənbəyi kimi çox vacibdir (Bəşlik 2.4).

Sidik cövhəri, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 1800-cü illərin əvvəllərində Wöhlerin sintez etməsiylə sidikdə aşkarladığı üzvi birləşmədir. Burada hər atom lazımi sayda kovalent rabitəyə sahibdir və bir karbon atomu təqat və ikiqat rabitələrin hər ikisində iştirak edir.



Sidik cövhəri və karbon dioksidin sadəcə bir karbon atomu var. Ancaq karbon valent elektronlarından bir, yaxud daha çoxunu istifadə edərək, başqa karbon atomları ilə kovalent rabitə qura bilmə qabiliyyətinə də malikdir. Digər karbonlar da öz növbəsində dörd rabitə qura bildiklərinə görə, prinsipcə sonsuz müxtəliflikdə uzun zəncirlər yaratmaq mümkündür (Şəkil 4.3).

Karbon gövdəsinin yaratdığı müxtəliflik

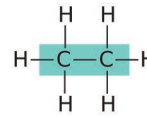
Karbon zənciri əksər üzvi birləşmələrin gövdəsini əmələ gətirir. Gövdələr müxtəlif uzunluqda, düz, budaqlı və halqa şəklində olur (Şəkil 4.5). Bəzi karbon gövdələri dəyişən say və mövqedə ikiqat rabitələrə malik olur. Karbon gövdəsindəki belə çeşidlilik canlı maddəyə xas olan molekulyar mürəkkəblilik və müxtəlifliyin mühüm qaynağıdır. Əlavə olaraq, başqa atomların elementləri bu gövdələrə uyğun yerlərdə rabitə qura bilər.

Hidrokarbon

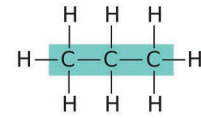
Şəkil 4.3 və 4.4-də göstərilən bütün molekullar **hidrokarbonlardır**, yəni yalnız karbon və hidrogendən əmələ gələn üzvi birləşmələrdir. Karbon gövdəsində kovalent rabitə üçün uyğun olan bütün elektronlara hidrogen atomları bağlanmışdır. Hidrokarbonlar nefti əmələ gətirən əsas maddədir. Neft fosil yanacağı adlanır, çünki milyonlarla il əvvəl yaşamış canlıların qismi çürüməsindən yaranmışdır.

Şəkil 4.5 Karbon skeletindəki çeşidliliyin dörd mənbəyi

(a) Uzunluq



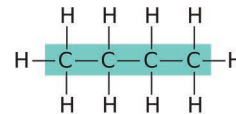
Etan



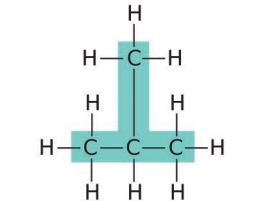
Propan

Karbon gövdə uzunluğuna görə dəyişir.

(b) Budaqlanma



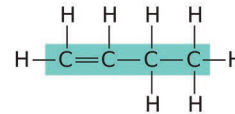
Butan



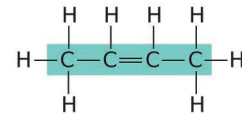
2-Metilpropan
(adətən izobutan adlanır)

Gövdə budaqlı, yaxud budaqsız olur.

(c) İkiqat rabitə yeri



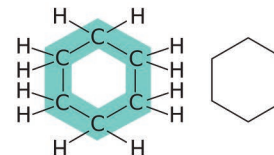
1-Buten



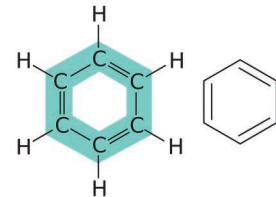
2-Buten

Gövdə fərqli mövqələrdə yerləşən ikiqat rabitələrə malik ola bilər.

(d) Halqalı struktur



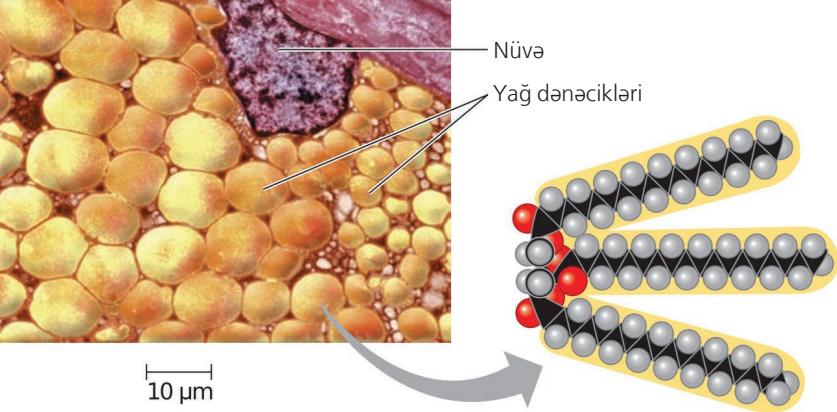
Tsikloheksan



Benzen

Bəzi karbon gövdələri halqa şəklindədir. Yuxarıdakı iki birləşmənin sağda göstərilən struktur formulunda hər künc bir karbon və ona bağlı hidrogenləri təmsil edir.

Hidrokarbonlar canlı orqanizmlərdə çox olmasa da, hüceyrədəki üzvi maddələrdə sadəcə karbon və hidrogendən ibarət bölgələr çoxdur. Məsələn, yağ molekulları qeyri-hidrokarbon komponentə birləşmiş uzun hidrokarbon quyruqlardan ibarətdir (Şəkil 4.6). Neft və yağ hidrofobik birləşmə olduğu üçün suda həll olmur və rabitələrin əksəriyyəti nisbi olaraq qeyri-polyar karbon-hidrogen rabitələrindən ibarətdir. Hidrokarbonların başqa bir xassəsi bəlli reaksiyalar ilə böyük miqdarda enerji açığa çıxara bilmələridir. Avtomobili hərəkətə gətirən benzin hidrokarbonlardan ibarətdir və hidrokarbon quyruqları bitki embrionunda və heyvanlarda ehtiyat yanacaq rolunu oynayır.



(a) İnsanın piy hüceyrəsindən bir hissə

(b) Yağ molekulu

▲ Şəkil 4.6 Hidrokarbonun yağdakı rolu.

- (a) Məməlilər yağı yanacaq ehtiyatı kimi piy hüceyrələrində saxlayır. Rənglənmiş mikroqraf yağ dənəcikləri ilə dolu insan piy hüceyrəsinin bir hissəsini göstərir.
- (b) Yağ bir ədəd kiçik, qeyri-hidrokarbon molekulun üç ədəd hidrokarbon quyruğa birləşməsi ilə əmələ gəlir. Quyruqlar yağda hidrofobik xassə qazandırır və onları parçalamaqla enerji əldə olunur. (Qara = karbon; boz = hidrogen; qırmızı = oksigen.)

ƏLAQƏ QUR > Quyruqlardakı hansı xassə yağı hidrofobik hala gətirir (Başlıq 3.2)?

İzomerlər

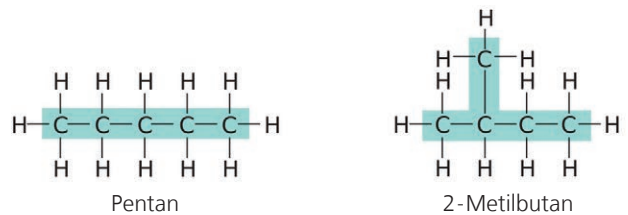
Üzvi molekulun strukturundakı çeşidliliyi izomerlərdə görmək mümkündür – eyni sayda eyni atomlardan ibarət olan, ancaq strukturca bir-birindən fərqlənən birləşmələrdə. **İzomerlər** fərqli strukturda olduqları üçün fərqli xassələrə malikdirlər. Burada üç növ izomerdən bəhs edəcəyik: struktur izomerləri, *cis-trans* izomerləri və enantiomerlər.

Struktur izomerləri bir-birindən kovalent rabitələrin yerinə görə fərqlənilir. Məsələn, Şəkil 4.7a-dakı iki ədəd beş karbonlu birləşməni müqayisə edək. İkisinin də molekul formulu C_5H_{12} -dir, lakin karbon gövdələrinə kovalent düzülüş baxımdan fərqlənilir. Gövdə bir maddədə düz, digərində isə budaqlıdır. Karbon gövdəsinin uzunluğu artdıqca mümkün izomer sayı da sürətlə artır. C_2H_{12} molekulunun sadəcə üç forması mövcuddursa (bunların ikisi Şəkil 4.7a-da göstərilmişdir), C_8H_{18} molekulunun 18, $C_{20}H_{42}$ molekulunun isə 366 319 fərqli izomeri ola bilər. Struktur izomerləri bir-birindən ikiqat rabitənin yerinə görə də fərqlənir.

***Cis-trans* izomerlərdə** karbonlar eyni atomlara qoşulduğu halda, ikiqat rabitə hərəkətsiz olduğu üçün atomların fəzadakı vəziyyəti bir-birindən fərqlənə bilər. Təqat rabitə atomlara tərkibində olduqları birləşməni dəyişdirmədən rabitə oxu ətrafında sərbəst şəkildə fırlanma imkanı verir. Bunun əksinə, ikiqat rabitə isə bu cür fırlanmaya icazə vermir. Əgər iki karbon ikiqat rabitə ilə bir-birinə qoşulmuş və karbonlara bağlı olan atomlar (yaxud atom qrupları) bir-birindən fərqlidirsə, iki fərqli *cis-trans* izomeri mümkündür. Bir-birinə ikiqat rabitə ilə bağlanmış iki karbonlu sadə molekul təsvir edin. Hər karbona bir H və bir X molekulu bağlıdır (Şəkil 4.7b). X atomlarının hər ikisi ikiqat rabitənin eyni tərəfində olanda maddəyə *cis* izomeri, fərqli tərəflərin-

▼ Şəkil 4.7 İzomerlərin üç növü. İzomerlər eyni molekulyar formulu, lakin fərqli strukturları olan birləşmələrdir.

(a) Struktur izomerləri



C_5H_{12} -nin iki izomerinin misalında da görüldüyü kimi, struktur izomerləri kovalent partnyorlarına görə bir-birindən fərqlənir.

(b) *Cis-trans* izomerləri

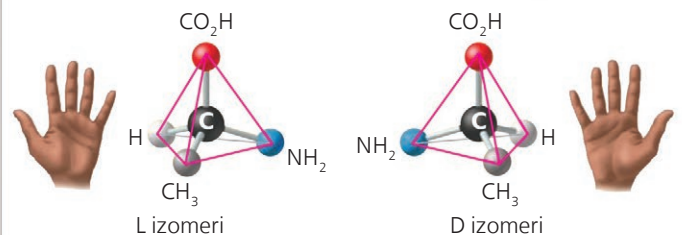


***cis* izomer:** X-lərin hər ikisi eyni tərəfdədir.

***trans* izomer:** X-lərin hər biri fərqli tərəfdədir.

Cis-trans izomerləri ikiqat rabitə ətrafında düzülüşə görə fərqlənirlər. Burada X ikiqat rabitəli karbona bağlanmış müəyyən bir atom və ya atom qrupunu göstərir.

(c) Enantiomerlər



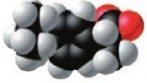
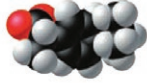
Enantiomerlər asimmetrik karbonun ətrafındakı düzülüşə görə bir-birindən fərqlənir. Fərqlilikdən ortaya çıxan molekullar bir-birinin güzgü əksi olur (sağ və sol əl kimi). Buradakı izomerlər Latınca "sol" və "sağ" sözlərinə uyğun şəkildə (*levo* və *dextro*) L və D olaraq adlandırılıb. Enantiomerləri bir-birilə tamamilə uzlaşacaq şəkildə üst-üstə qoymaq olmur.

TƏSVİR ET > C_5H_{12} -nin üç struktur izomeri var; (a)-da göstərilməyən izomeri çəkin.

də olanda isə *trans* izomeri deyilir. İzomerlərin formasındakı bu kiçik fərqlər üzvi molekulun bioloji fəallığına böyük təsir göstərə bilər. Məsələn, görmənin biokimyasında, gözdə yerləşən retinal adlı kimyəvi birləşmənin işıq düşməsi nəticəsində *cis* izomerə *trans* izomerə keçidi vacib rol oynayır (Şəkil 50.17). Başqa bir nümunə, Başlıq 5.3-də müzakirə edəcəyimiz qida emalında əmələ gələn zərərli *trans* yağlardır.

Enantiomerlər bir-birilərinin ayna əksi olan izomerlərdir. Onları bir-birindən fərqləndirən şey dörd fərqli atom, yaxud atom qruplarına bağlanmış asimmetrik karbon adlandırılan karbonun olmasıdır. (Şəkil 4.7c-də göstərilmiş molekulun çubuq-top modelində ortadakı karbona baxın). Fəzada bu dörd qrup asimmetrik karbon ətrafında bir-birinin ayna əksi olan iki fərqli şəkildə

▼ **Şəkil 4.8 Enantiomerlərin farmakoloji əhəmiyyəti.** Ibuprofen və albuterol fərqli effektlər verən enantiomeri olan dərmanlardır. (Enantiomerləri fərqləndirmək üçün *S* və *R* hərflərindən istifadə olunub.) Ibuprofen adətən iki enantiomerin qarışığı şəklində satılır; *S* enantiomerləri *R* formasından 100 dəfə daha effektivdir. Albuterol yalnız *R* formasında sintez olunub satılır; *S* formasının effektləri *R* formasının effektlərindən fərqlənir.

Dərman	Effektləri	Effektiv enantiomer	Qeyri-effektiv enantiomer
ibuprofen	İltihabı və ağrı azaldır	 S-ibuprofen	 R-ibuprofen
Albuterol	Bronx (nəfəs yolu) əzələlərini boşaldıb, astma xəstələrində hava axınını yaxşılaşdırır.	 R-Albuterol	 S-Albuterol

yerləşdirilə bilər. Enantiomerlər bir baxımdan sağ və sol ələ bənzəyirlər. Sağ əl sol əlcəyə girmədiyi kimi, “sağ” molekul da “sol” molekulun tutduğu fəzaya tam oturmur. Adətən, bu izomerlərdən yalnız biri bioloji olaraq fəaldır, çünki təkcə bir forması canlıdakı müvafiq molekulə bağlana bilər.

Enantiomerlər farmasevtik sahədə mühüm yer tutur, çünki istehsal olunan dərmanın hər iki izomerinin eyni dərəcədə effektiv olmamaq ehtimalı var; ibuprofen və bronxial astma dərmanı olan “albuterol” buna nümunədir (**Şəkil 4.8**). Metamfetamin də iki bir-birindən çox fərqli təsirləri olan enantiomerlərə malikdir. Bir enantiomer çox yüksək təsirə malik narkotik maddə ikən, digəri reseptsiz, açıq şəkildə satılan, burun nəfəs yollarını açmaq üçün istifadə olunan dərmanın aktiv maddəsidir. Enantiomerlərin bu kəskin fərqlənən təsirləri, canlı orqanizmin molekulyar strukturdakı çox kiçik fərqlərə qarşı belə nə qədər həssas olduğunu bariz göstəricisidir. Bu atomlarının yerləşməsindən asılı olaraq molekulun yaranan xassələrə malik olmasına başqa bir nümunədir.

YOXLAMA 4.2

- TƏSVİR ET** ➤ (a) C_2H_4 molekulunun struktur formulu çəkin. (b) $C_2H_2Cl_2$ molekulunun *trans* izomerini çəkin.
- VİZUAL BACARIQ** ➤ Şəkil 4.5-dəki hansı iki cütlük bir-birinin izomeridir? Hər cütlük üçün izomer növünü təyin edin.
- Benzin ilə yağ arasında hansı əlaqə mövcuddur?
- VİZUAL BACARIQ** ➤ Şəkil 4.5a və 4.7-yə istinad edərək, C_3H_8 (propan) birləşməsinin izomerlər əmələ gətirib-gətirmədiyini təyin edin. Cavabınızı izah edin.

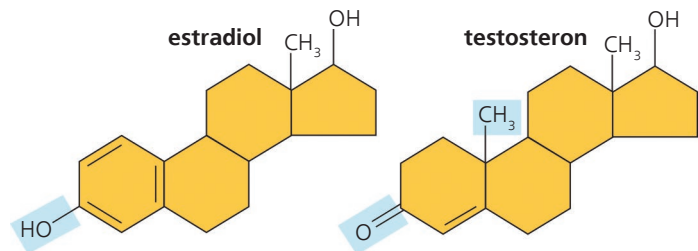
BAŞLIQ 4.3

Bioloji əhəmiyyətli kimyəvi qruplar

Üzvi maddənin xassələri sadəcə onun karbon gövdəsinin strukturundan deyil, bu gövdəyə bağlanmış müxtəlif kimyəvi qruplardan da asılıdır. Ən sadə üzvi maddə olan hidrokarbonları daha mürəkkəb üzvi birləşmələrin təməli kimi düşünmək mümkündür. Müxtəlif növ kimyəvi qruplar hidrokarbonlardakı hidrogeni əvəzləyə bilər. Bu qruplar birbaşa kimyəvi reaksiyalarda iştirak edə biləcəyi kimi, molekulun formasında dəyişiklik yaradaraq funksiyasına dolayı yolla da təsir edə bilər və buna görə də, hər maddəyə ona xas xüsusiyyətlər verir.

Canlılar üçün ən önəmli kimyəvi qruplar

Estradiol (estrogen hormonunun bir növü) ilə testosteron arasındakı fərqlə nəzər yetirək. Hər ikisi insan və digər onurğalılarda, müvafiq olaraq, diş və erkək cinsiyyət hormonu kimi fəaliyyət göstərir. Hər ikisi dörd birləşmiş halqadan ibarət gövdəyə sahib üzvi birləşmə olan steroid sinfinə aiddir. Bu maddələrin arasında təkcə fərqlənən birləşmiş kimyəvi qruplardır. Diaqramda fərqli olan kimyəvi qruplar mavi qutularda işarələnmişdir; halqalar qısaldılmış formul ilə göstərilmişdir.

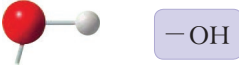
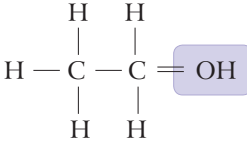
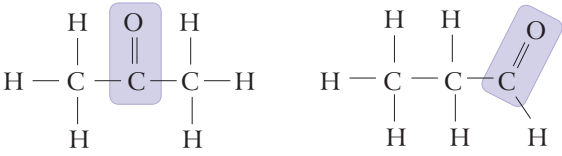
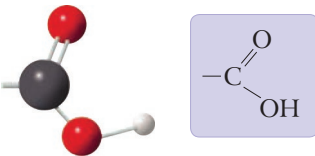
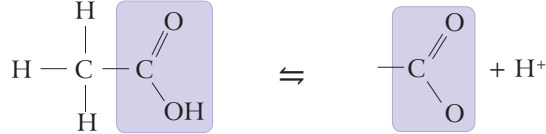
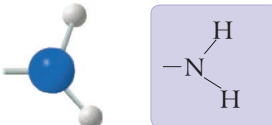
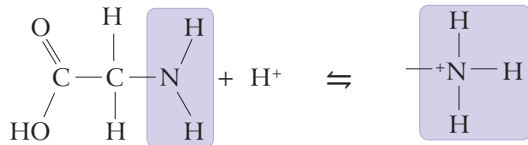
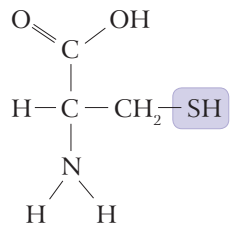
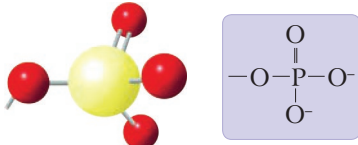
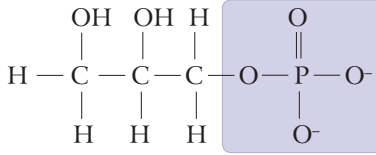
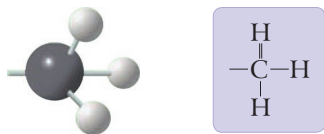
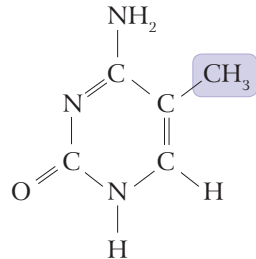


Bu iki molekulun orqanizmin müxtəlif bölgələrinə olan fərqli təsirləri cinsiyyətin təməlini qoyur, onurğalı heyvanlarda diş və erkək arasında kəskin fərqlərə səbəb olur. Kimyəvi qrupun bu misaldakı önəmi molekulun şəklini dəyişdirərək funksiyasına təsir etməsidir.

Digər hallarda isə kimyəvi qrup birbaşa kimyəvi reaksiyalarda iştirak edir; belə qruplara **funksional qruplar** deyilir. Bunlardan hər birinin kimyəvi reaksiyada bəlli tərzdə iştirakını təyin edən forma və yük kimi özünəməxsus xassələri var.

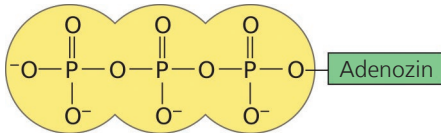
Bioloji proseslərdəki ən önəmli kimyəvi qruplar bunlardır: hidroksil, karbonil, karboksil, amino, sulfhidril, fosfat, metil qrupu. Bunlardan ilk altısı kimyəvi fəaldır və sulfhidril qrupu istisna olmaqla, digərləri hidrofilik olduğu üçün üzvi birləşmənin suda həll olmasını artırır. Metil qrupu isə kimyəvi fəal deyil, lakin bir çox hallarda bioloji molekulda tanınma nişanı vəzifəsi görür. Bütün qruplar haqqında ümumi məlumat əldə etmək üçün **Şəkil 4.9**-a baxın.

▼ Şəkil 4.9 Biolojii əhəmiyyətli bəzi kimyəvi qruplar.

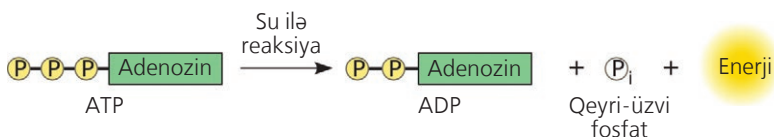
Kimyəvi qrup	Qrupun Xassəsi və Birləşmədəki Adı	Nümunə
Hidroksil qrupu ($-\text{OH}$)  (HO– şəklində də yazılır)	Elektromənfə oksigen qrupu sayəsində polyardır. Su ilə hidrogen rabitəsi əmələ gətirərək şəkər kimi birləşmələrin suda həll olmasına kömək edir. Birləşmə: Alkoqollar (adətən adlarının sonunda “-ol” şəkilçisi olur)	 Etanol (Spirt, alkoqollu içkilərdə mövcud olan maddə).
Karbonil qrupu ($>\text{C}=\text{O}$) 	Keton qrupları ehtiva edənler ketoz, aldehidə malik olanlar isə aldoz adlanır. Birləşmə adı: Keton (karbonil qrupunun karbon skeletinin içində olduğu hal), yaxud aldehid (karbonil qrupu burada karbon skeletinin sonunda yerləşir).	 Aseton , ən sadə ketondur Propanal , bir aldehid
Karboksil qrupu ($-\text{COOH}$) 	Oksigen ilə hidrogen arasındakı kovalent rabitə çox polyar olduğundan turşudur (H^+ verə bilər). Birləşmə adı: Karbon turşusu , yaxud üzvi turşu	 Etan turşusu , yaxud sirkə turşusu, sirkəyə turş dadı verən maddə Hüceyrə içində ionlaşmış (karboksilat ionu) halda olur.
Amino qrupu ($-\text{NH}_2$) 	Ətrafındakı məhluldan (bu canlılar üçün sulu məhluldur) H^+ ala bildiyinə görə qələvidir. Birləşmə adı: Amin	 Qlisin , bir amin turşusu (karboksil qrupu da var) Hüceyrə içində NH_2^+ ionlaşmış halda olur
Sulfhidril qrupu ($-\text{SH}$) 	İki $-\text{SH}$ qrupu reaksiyaya girərək protein strukturunu stabiləşdirən “çarpaz bağ” əmələ gətirə bilər. Saç proteininin çarpaz bağları saçın düz, yoxsa qıvrım olacağını təyin edir. Bərbərlər kimyəvi üsullarla saçı arzu edilən şəkəllərkən bu çarpaz bağlar qırılıb yenidən qurulur. Birləşmə adı: Tiol	 Sistein , kükürd ehtiva edən amin turşusu
Fosfat qrupu ($-\text{OPO}_3^{2-}$) 	Maddəyə mənfə yük qazandırır. (Fosfat zənciri içində yerləşdiyi zaman 1–, zəncirin sonunda yerləşdiyi zaman isə 2– yükü qazandırır). Molekula bağlandığında ona su ilə reaksiya girərək enerjini açığa çıxarma qabiliyyəti verir. Birləşmə adı: Üzvi fosfat	 Hüceyrənin bir çox mühüm reaksiyasında iştirak edən qliserol fosfat .
Metil qrupu ($-\text{CH}_3$) 	DNA, yaxud DNA-ya bağlanan proteinlərin üzərində genin ekspressiyasına təsir edir. Dişi, yaxud erkək cinsi hormonların funksiya və formasına təsir edir. Birləşmə adı: Metilləşmiş birləşmə	 5-Metilsitozin – Metil əlavə olunaraq dəyişdirilmiş DNA-nın tərkib hissəsi.

ATP: Hüceyrənin mühüm enerji qaynağı

Şəkil 4.9-dakı “Fosfat qrupu” sətrində üzvi fosfat molekulu sadə bir nümunə göstərilmişdir. Daha mürəkkəb bir üzvi fosfat olan **adenozin trifosfat**, yaxud **ATP**-yə xüsusi yer ayırmaq lazımdır, çünki onun canlı orqanizmlər üçün önəmi çox böyükdür. ATP molekulu adenozin adlanan üzvi molekulun yan-yana üç fosfat qrupuna bağlanması ilə əmələ gəlir:



ATP-də olduğu kimi ardıcıl şəkildə yerləşmiş üç fosfatın olduğu molekularda bir fosfatı su ilə reaksiya nəticəsində yerindən qoparmaq mümkündür. Kitabda bu qeyri-üzvi ion (P_i), üzvi molekula birləşmiş fosfat qrupu isə (P) şəklində göstərilmişdir. Bir fosfatını itirən ATP adenozin difosfat (ADP) olur. Adətən ATP-nin enerji ehtiva etdiyi yazılır, lakin daha düzgün ifadə ATP-nin su ilə reaksiyaya girmə potensialının olmasıdır. Bu reaksiya nəticəsində açığa çıxan enerji hüceyrə tərəfindən istifadə oluna bilər. Başlıq 8.3-də bu mövzudan geniş şəkildə bəhs edilmişdir.



Həyatın kimyəvi elementləri: Xülasə

Artıq canlı maddənin əsasən karbon, oksigen, hidrogen, azot və bir miqdar kükürd ilə fosfordan ibarət olduğunu bilirsiniz. Bu elementlərin hamısı mürəkkəb üzvi birləşmə üçün şərt olan güclü kovalent rabitə yarada bilər. Bu molekul arasında kovalent rabitə ustası karbondur. Karbonun çoxşaxəli xassələri sayəsində unikal karbon gövdəsi qurmaq və bu gövdəyə hər biri özünəməxsus xüsusiyyətləri olan kimyəvi qruplar qoşaraq müxtəlif üzvi birləşmələr əmələ gətirmək mümkün olur. Yer kürəsinin zəngin bioloji müxtəlifliyinin əsasında molekulyar səviyyədəki bu geniş çeşidlilik dayanır.

YOXLAMA 4.3

- VİZUAL BACARIQ** ➤ Aminturşu sözü bu sinfə aid molekulun strukturu haqqında nə deyir? Şəkil 4.9-a istinad edin.
- Su ilə reaksiyaya girərək enerji açığa çıxardıqda ATP-də hansı kimyəvi dəyişikliklər baş verir?
- TƏSVİR ET** ➤ Təsəvvür edin ki, əlinizdə sistein kimi bir üzvi molekul var və molekuldakı $-NH_2$ qrupunu kimyəvi olaraq dəyişərək $-COOH$ qrupu ilə əvəzləyirsiniz. Bu molekulun strukturunu təsvir edin. Etdiyiniz dəyişiklik molekulun kimyəvi xassələrinə necə təsir edir? Mərkəzdəki karbon yerdəyişmədən öncə asimmetrik idimi? Bəs sonra?

4 Fəslin İcmalı

ƏSAS ANLAYIŞLARIN XÜLASƏSİ

BAŞLIQ 4.1

Üzvi kimya karbon birləşmələrini öyrənən elmdir

- Bir zamanlar sadəcə canlı orqanizmdən yarandığı düşünülən **üzvi birləşmələr** laborator şəraitdə də sintez olunmuşdur.
- Canlı maddə əsasən karbon, oksigen, hidrogen və azotdan ibarətdir. Bioloji müxtəliflik karbonun çeşidli forma və xassəyə malik çox sayda fərqli molekul əmələ gətməsinin nəticəsidir.

? Stanley Miller-in təcrübəsi canlı təbiətin yaranmağa başladığı ilk dövrlərdə belə fiziki və kimyəvi qanunların həyati prosesləri idarə etdiyini necə sübut edir?

BAŞLIQ 4.2

Dörd atomla rabitə qura bilən karbon müxtəlif molekular yarada bilər

- Dörd valentliyə malik karbon (C) atomu O, H və N daxil olmaqla, müxtəlif atomlara bağlana bilər. Karbon başqa

karbonlarla da rabitə qura bilər və beləcə, üzvi maddənin gövdəsini əmələ gətirir. Bu gövdə uzunluq və formasına görə çox müxtəlif olub, başqa elementlərin rabitə qura biləcəyi yerlərə sahibdir.

- Hidrokarbonlar** karbon və hidrogendən ibarətdir.
- İzomerlər** eyni molekulyar formula malik olduğu halda, struktur baxımından və bunun nəticəsində, xassələrinə görə bir-birindən fərqlənən birləşmələrdir. İzomerlərin üç növü var: **struktur izomeri**, **cis-trans izomeri** və **enantiomerlər**.

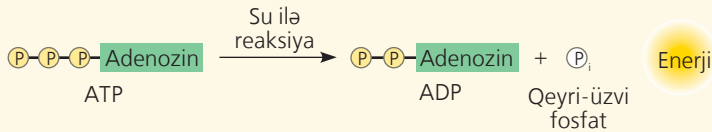
VİZUAL BACARIQ ➤ Aseton ilə propanal hansı növ izomerdir (Şəkil 4.9)? Sirkə turşusu, qlisin və qliserol fosfatda neçə asimmetrik karbon mövcuddur? Bu üç molekul enantiomerlər şəklində mövcud ola bilərlərmi?

BAŞLIQ 4.3

Bioloji əhəmiyyətli kimyəvi qruplar

- Üzvi molekulaların karbon gövdəsinə qoşulmuş kimyəvi qruplar ya kimyəvi reaksiyalarda iştirak edir (**funksional qrup**), ya da molekula müvafiq forma verərək funksiyasına təsir edir (Şəkil 4.9).
- ATP (adenozin trifosfat)** üç fosfat qrupunun adenozinə bağlanmasıyla yaranır. ATP su ilə reaksiyaya girərək ADP (adenozin difosfat) və qeyri-üzvi fosfat əmələ gətirir.

bilir. Bu reaksiya nəticəsində hüceyrə tərəfindən istifadəyə uyğun enerji açığa çıxır.



7. Metil qrupu Şəkil 4.9-da təsvir olunan digər önəmli 6 qrupdan kimyəvi cəhətdən necə fərqlənir?

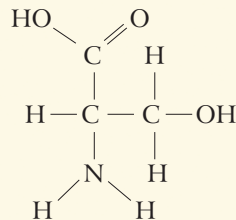
SINAQ

Səviyyə 1: Bilik və Anlama

- Modern üzvi kimya nəyi öyrənir?
 - Təkcə canlı orqanizmlər tərəfindən istehsal olunan maddələri öyrənən elm
 - Karbon birləşmələrini öyrənən elm.
 - Yalnız təbii (sintetik olmayan) birləşmələri öyrənən elm.
 - Hidrokarbonları öyrənən elm

- VİZUAL BACARIQ** Bu molekulda hansı funksional qrup mövcud deyil?

- karboksil
- sulfhidril
- hidroksil
- amino



- ƏLAQƏ QUR** Qoşulduğu üzvi birləşmənin qələvi kimi davranmasına ən çox hansı kimyəvi qrup səbəb olur? (Başlıq 3.3)

- hidroksil
- karbonil
- amino
- fosfat

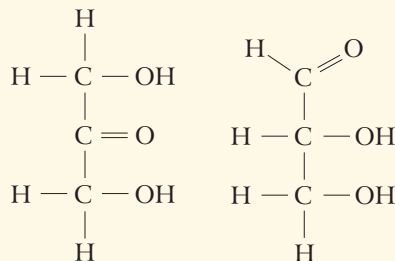
Səviyyə 2: Tətbiq və Analiz

- VİZUAL BACARIQ** Aşağıdakı hidrokarbonların struktur formulu təsvir edin. Hansının karbon gövdəsində ikiqat rabitə mövcuddur?

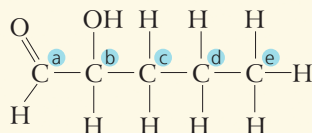
- C_3H_8
- C_2H_6
- C_2H_4
- C_2H_2

- VİZUAL BACARIQ** Bu iki şəkər molekul arasındakı əlaqəni ən doğru şəkildə ifadə edən termini seçin:

- struktur izomeri
- cis-trans izomerləri
- enantiomerlər
- izotoplar



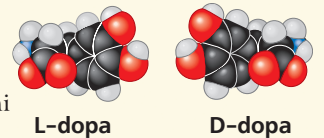
- VİZUAL BACARIQ** Bu molekuldakı asimmetrik karbonu göstərin:



- Dəyişikliklərdən hansı karbonil qrupu əmələ gətirər?
 - Karboksil qrupundakı -OH qrupunun hidrogen ilə dəyişdirilməsi
 - Hidroksilə tiol əlavəsi
 - Fosfata hidroksil əlavəsi
 - Amindəki azotun oksigen ilə dəyişdirilməsi
- VİZUAL BACARIQ** Beşinci sualda göstərilən molekulardan hansı asimmetrik karbona malikdir? Bu asimmetrik karbon hansıdır?

Səviyyə 3: Sintez və Dəyərləndirmə

- TƏKAMÜL ƏLAQƏSİ • TƏSVİR ET** Bəzi alimlər kainatın hansısa başqa yerlərində həyatın Yerdəki kimi karbon deyil, silikon elementinə əsaslanma biləcəyini düşünürlər. Şəkil 2.7-dəki silikonun elektron paylanma diaqramına baxın və bunun əsasında onun Lewis nöqtə strukturunu təsvir edin. Silikonun karbonla olan hansı ortaq xassələri, onun digər elementlərlə (məsələn neon, alüminium) müqayisədə canlı təbiət üçün təməl element olma namizədliyini artırır?
- ELMİ TƏDQIQAT** 50 il əvvəl ürəkbulanmaya qarşı talidomid dərmanı qəbul edən hamilə qadınların uşaqları doğum qüsurları ilə dünyaya gəlirdilər. Talidomid iki enantiomerin qarışığıdır; biri hamilə qadınlarda ürəkbulanmanın qarşısını aldığı halda, digəri ciddi doğum problemləri yaradır. Hazırda, ABŞ qida və dərman təhlükəsizliyi orqanı, FDA (ing. *Food and Drug Administration*) bu dərmanın qəbulunu hamilə olmayan və Hansen xəstəliyi (cüzam), qan və ya sümük iliği xərcəngi, erkən çoxsaylı mieloma xəstəliklərindən əziyyət çəkənlər üçün təsdiqləyib. Xəstəyə istehsal olunan faydalı enantiomer verilsə də, müəyyən müddətdən sonra digəri, zərərli enantiomer də bədəndə ortaya çıxmağa başlayır. Zərərli enantiomerin necə yarandığını izah edə bilərsinizmi?
- ESSE** 1918-ci ildə Afrika tripanosomozu epidemiyasından sağ çıxan bəzi xəstələrdə simptomları ağır Parkinson xəstəliyinə bənzəyən qeyri-adi sərt iflic müşahidə olunmuşdur. İllər sonra, Parkinson xəstəliyinin müalicəsi üçün istifadə olunan L-dopa dərmanı bu xəstələrdən bəzilərinə verilmişdir. Maddə müvəqqəti də olsa iflicin aradan qalxmasına kömək etmiş, lakin onun enantiomeri D-dopa heç bir effekt verməmişdir. 100-150 sözlük qısa bir mətnə enantiomerlərin fərqli təsirlərinin struktur ilə funksiya arasındakı əlaqəni necə göstərdiyini izah edin.



- SİNTEZ**



Şəkilərdəki erkək və dişilə aslan arasındakı fərq ilə karbon atomunun kimyəvi strukturu arasında hansı əlaqənin olduğunu izah edin.

Böyük Bioloji Molekulların Struktur və Funksiyası

5



▲ Şəkil 5.1 Proteinin strukturu funksiyası üçün niyə əhəmiyyətlidir?

ƏSAS ANLAYIŞLAR

- 5.1 Makromolekul monomerlərdən ibarət polimerdir**
- 5.2 Karbohidratlar yanacaq və struktur materialdır**
- 5.3 Lipidlər müxtəlif növ hidrofobik molekulardır**
- 5.4 Proteinlər yüksək struktural və funksional müxtəlifliyə malik molekulardır**
- 5.5 Nuklein turşuları irsi informasiyanı daşıyan, ekspressiyasını təmin edən və gələcək nəsillərə ötürən molekulardır**
- 5.6 Genomika və proteomika biologiyada araşdırma və tətbiqi fundamental şəkildə dəyişdirmişdir**

Canlı təbiətin molekulaları

Yer kürəsində mövcud olan canlıların rəngarənglik və mürəkkəbliyini nəzərə alsaq, bakteriyadan tutmuş fillərə qədər, bütün orqanizmlərdə təsadüf olunan ən önəmli böyük molekulaların sadəcə dörd sinfə – karbohidrat, lipid, protein və nuklein turşularına – ayrılması təəccüblüdür. Bunlardan üçü – karbohidrat, protein və nuklein turşuları – atom miqyasında nəhəng strukturlardır və buna görə də **makromolekul** adlanırlar. Məsələn, minlərlə atomdan ibarət, kütləsi 100 000 daltonu keçən nəhəng proteinlər vardır. Biokimya elminin nailiyyətlərindən biri bu maddələrin nəhəng ölçü və mürəkkəbliklərinə baxmayaraq, bir çoxunun dəqiq strukturunu aşkar etmiş olmasıdır. Şəkil 5.1-də orqanizmdə alkoqolu parçalayan alkoqol dehidrogenaz adlı proteinin molekulyar strukturu təsvir edilmişdir.

Makromolekulların strukturu funksiyası üçün əhəmiyyətli rol oynayır. Su və sadə üzvi birləşmələr kimi, böyük bioloji molekulalar da atomların xüsusi düzülüşü ilə ortaya çıxan özünəməxsus yaranan xassələrə malikdirlər. Bu fəsildə ilk öncə makromolekulların necə əmələ gəldiyini öyrənəcəyik. Daha sonra isə bütün dörd sinfə aid böyük bioloji molekulaların, yəni karbohidrat, lipid, protein ilə nuklein turşularının struktur və funksiyasına keçəcəyik.



◀ Üçölçülü eynəklər kompüter monitorunda təsvir olunan proteinin strukturunu başa düşməyə kömək edir.

BAŞLIQ 5.1

Makromolekul monomerlərdən ibarət polimerdir

Böyük karbohidrat, protein və nuklein turşuları zəncirvari maddələr olduğu üçün **polimer** adlanır (yun. *polys* çox; *meros* parça, hissə). Vaqonları bir-birinə bağlanmış qatar kimi, polimer də bir-birinə kovalent rabitə ilə bağlanmış eyni və ya oxşar təməl vahidlərdən ibarət uzun molekuldur. Polimerdə təməl vahid vəzifəsini görən, təkrarlanan vahid **monomer** adlanır (yun. *monos* tək). Polimer əmələ gətirmək funksiyasından əlavə, bəzi monomerlərin müstəqil funksiyası da vardır.

Polimer sintez və parçalanması

Hüceyrədəki polimerləri əmələ gətirən monomerlər bir-birlərindən fərqlənsə də, polimerlərin sintez və parçalanma mexanizmi mahiyyətcə eynidir. Hüceyrə daxilində bu prosesləri **enzimlər**, yəni kimyəvi reaksiyaları sürətləndirən ixtisaslaşmış makromolekullar yerinə yetirir. Monomerləri bir-birinə birləşdirən reaksiya, iki molekulun kovalent rabitə qurub, nəticədə bir su molekulunu ortaya çıxardığı **dehidrasiya reaksiyalarına** yaxşı nümunədir (**Şəkil 5.2a**). İki monomer arasında rabitə yaranarkən, monomerlərin hər biri reaksiyada ortaya çıxan suyun bir parçasını təmin edir: bir monomer hidroksil qrupunu ($-OH$), digəri isə hidrogeni. Monomerlər tək-tək zəncirə əlavə edildikcə bu reaksiya təkrarlanır və polimer əmələ gəlir (buna polimerləşmə reaksiyası da deyilir).

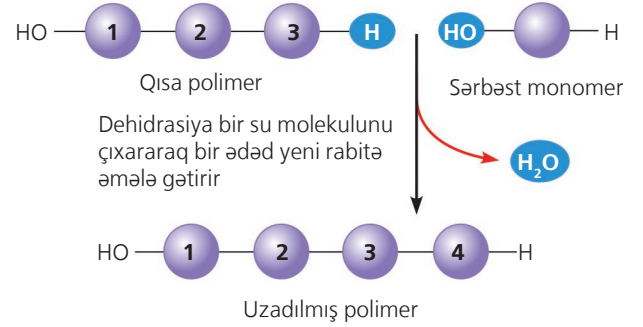
Polimer mahiyyətcə dehidrasiya reaksiyasının əksi olan **hidroliz** prosesi ilə monomerlərinə parçalanır (**Şəkil 5.2b**). Hidroliz sözü yunanca *hydro* (su) və *lysis* (parçalanma) sözlərindən əmələ gəlmişdir; suyun parçalanması deməkdir. Monomerlərarası rabitə bir su molekulunun əlavə edilməsi ilə qopur. Sudan bir hidrogen qoparaq bir monomerə, yerdə qalan hidroksil qrupu isə digər monomerə birləşir. Hidroliz prosesinə nümunə olaraq insanın həzm prosesini göstərmək olar. İnsan qidasındakı üzvi maddələrin çoxu polimer halındadır və bunlar hüceyrəyə daxil olmaq üçün çox böyükdür. Həzm boruları içindəki müxtəlif enzimlər polimerlərə hücum edərək həzm prosesini sürətləndirir. Bu prosesdə ortaya çıxan monomerlər vücudun bütün hüceyrələrinə paylanmaq üçün qana sorulur. Hüceyrələr bu monomerləri dehidrasiya reaksiyası ilə yeni müxtəlif növ polimerlərə çevirərək, spesifik proseslərdə istifadə edirlər. (Dehidrasiya və hidroliz reaksiyaları lipid kimi bəzi polimer olmayan molekulların sintez və parçalanmasında da rol oynayır).

Polimer Müxtəlifliyi

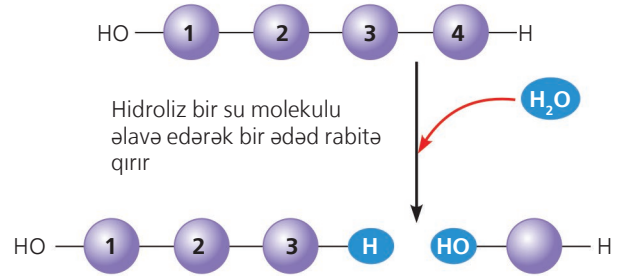
Bir hüceyrədə minlərlə fərqli makromolekul var və bu müxtəliflik miqdarı hüceyrədən hüceyrəyə dəyişir.

Şəkil 5.2 Polimerlərin sintez və parçalanması.

(a) Dehidrasiya reaksiyası: polimer sintezi



(b) Hidroliz: polimer parçalanması



Qardaş, bacı kimi yaxın qohumlar arasındakı irsi fərq, xüsusilə DNA və protein kimi polimerlər arasındakı kiçik fərqlərdən qaynaqlanır. Qohum olmayan fərdlərdə bu molekulyar fərq böyükdür, növlərarası fərq isə, öz növbəsində bundan da böyükdür. Canlı təbiətdə mövcud olan makromolekul müxtəlifliyi çox genişdir. Nəzəri olaraq mümkün olan müxtəliflik isə bundan da çoxdur, demək olar ki, sonsuzdur.

Canlı təbiətin polimer müxtəlifliyinin əsasında nə dayanır? Bu molekullar yalnız, bir neçəsi nadir olmaqla, sayları təqribən 40-50 olan adi monomerlərdən yaranır. Bu məhdud saydakı monomerlərdən geniş müxtəliflikdə polimerlərin qurulması əlifbanın 32 hərfindən yüz minlərlə sözün yaradılmasına bənzəyir. Burada əsas amil vahidlərin düzülüş ardıcılığıdır. Lakin bu bənzətmə makromolekulların sonsuz müxtəlifliyini kifayət qədər izah etmir, çünki əksər bioloji polimer, ən uzun sözdəki hərf sayından daha çox sayda monomerə malik olur. Məsələn, proteinlər 20 növ amin turşudan ibarətdir və adətən yüzlərlə amin turşu uzunluğunda olurlar. Həyatın strukturu sadə, lakin zərifdir: bütün orqanizmlərdə ortaq olan müəyyən kiçik molekullar təməl vahid kimi istifadə olunaraq unikal makromolekullar yaradılır.

Nəhəng rəngarəngliyə baxmayaraq, molekulyar struktur və funksiyaları müəyyən qruplarla sinifləndirmək mümkündür. Gəlin əsas böyük bioloji molekullara bir-bir nəzər salaq. Bütün siniflərə aid böyük molekullarda, onları təşkil edən tərkib hissələrində rast gəlinməyən yaranan xassələr mövcuddur.

YOXLAMA 5.1

1. Böyük bioloji molekulların əsas dörd sinfi hansılardır? Hansı qrup polimer deyil?
2. On monomer uzunluğunda olan polimerin hidrolizi üçün neçə su molekulu lazımdır?
3. **ƏGƏR** > Yediyiniz balıqdakı proteinlərin aminturşu monomerlərinə parçalanıb vücudunuzdakı yeni proteinlərə çevrilə bilməsi üçün hansı reaksiyalar baş verməlidir?

BAŞLIQ 5.2

Karbohidratlar yanacaq və struktur materialıdır

Karbohidrat sinfinə şəkər və şəkər polimerləri daxildir. Ən bəsit karbohidrat monosaxarid, yəni sadə şəkərlərdir; bunlardan mürəkkəb karbohidrat istehsalında monomer kimi istifadə olunur. Disaxarid kovalent rabitə ilə bir-birinə bağlanmış iki monosaxariddən ibarət bir cüt şəkərdir. Karbohidrat makromolekulu şəkər vahidlərindən ibarət polisaxarid adlanan polimerdir.

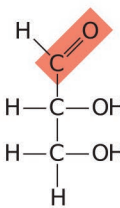
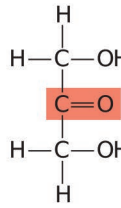
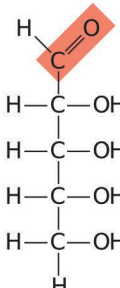
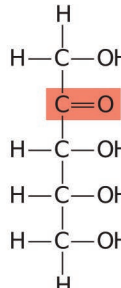
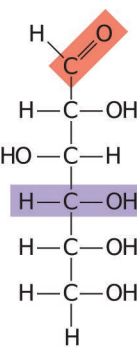
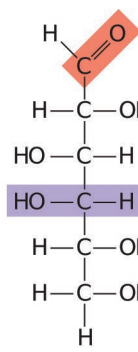
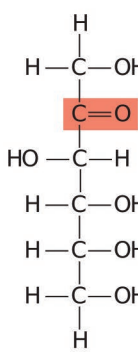
Şəkər

Monosaxarid (yun. *monos* tək və *sacchar* şəkər) molekulunun kimyəvi formulu adətən CH_2O vahidinin qatları şəklindədir. Ən geniş yayılmış monosaxarid olan qlükozda ($C_6H_{12}O_6$) bu vahiddən altı ədəd var və bu molekul, canlının kimyasında mərkəzi yer tutur. Qlükoz strukturunda şəkərlərin səciyyəvi xüsusiyyətlərini görmək mümkündür: bir karbonil $>C=O$ və bir neçə hidroksil $-OH$ qrupu (**Şəkil 5.3**). Karbonil qrupunun yerindən asılı olaraq şəkərlər aldoz (aldehid şəkəri) və ya ketoz (keton şəkəri) siniflərinə yerləşdirilir. Məsələn, qlükoz aldoz ikən, onun izomeri olan fruktoz ketozdur. (Şəkər adlarının çoxu *-oz* şəkilçisinə malikdir). Digər bir şəkər təsnifatı üç ilə yeddi karbon arasında dəyişən karbon gövdəsinin uzunluğuna əsaslanır. Altı karbona sahib qlükoz və fruktoz kimi şəkərlər heksoz adlanır. Trioz (üçkarbonlu) və pentoz (beşkarbonlu) şəkərlər də geniş yayılmışdır.

Sadə şəkərlərdəki müxtəlifliyin bir digər qaynağı asimmetrik karbona bağlanan hissələrin fəzada düzülüşüdür. (Xatırladaq ki, asimmetrik karbon dörd fərqli atom və ya atom qruplarına bağlanan karbon atomu deməkdir). Məsələn, qlükoz və qalaktoz sadəcə bir asimmetrik karbona bağlanan hissələrinə görə fərqlənir. (Şəkil 5.3, bənövşəyi qutular). Bu fərq kiçik görünsə də, bu iki molekula fərqli struktur və bağlanma aktivliyi, habelə, fərqli xüsusiyyətlər bəxş edir.

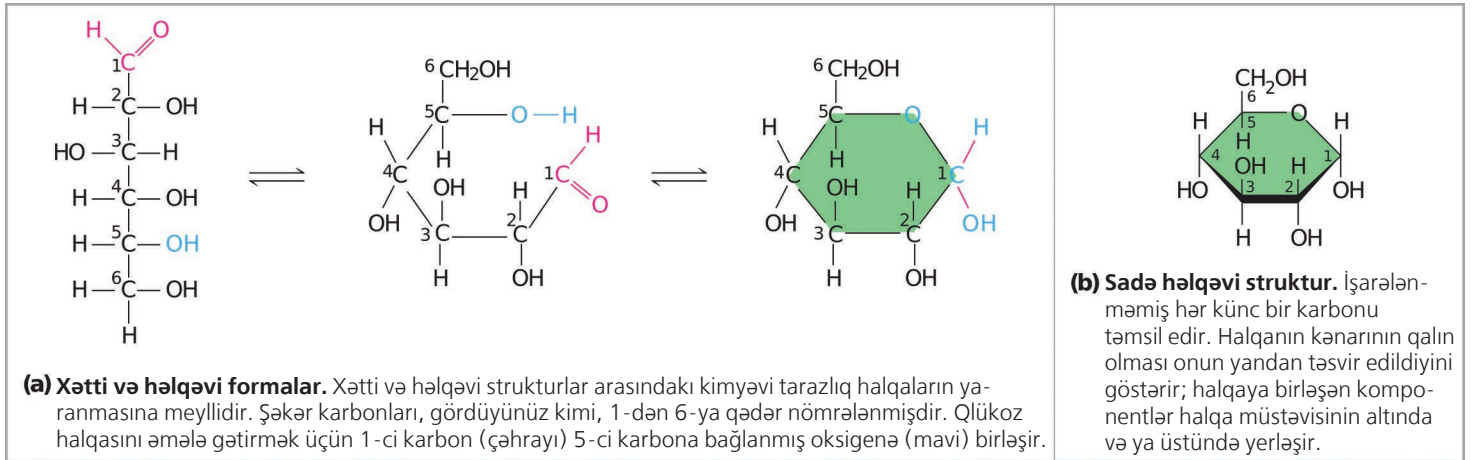
Qlükozun karbon gövdəsini xətti təmsil etmək rahat olsa da, bu təsvir həqiqəti tam əks etdirmir. Sulu mühulda qlükoz və bir çox digər beş və altıkarbonlu şəkərlər həlqəvi forma alır, çünki bu forma onların fizioloji şəraitdə ən stabil olduqları formadır (**Şəkil 5.4**).

Şəkil 5.3 Bəzi monosaxaridlərin struktur və təsnifatı. Şəkərlər karbonil qrupuna (narıncı, karbon gövdəsinin uzunluğuna, hissələrinin asimmetrik karbon ətrafında düzülüşünə görə fərqlənir (məsələn, müqayisə üçün qlükoz və qalaktozun bənövşəyi hissələrinə baxın).

Aldozlar (Aldehid Şəkərləri) Karbonil qrupu karbon gövdəsinin sonunda yerləşir	Ketoqlar (Keton Şəkəri) Karbonil qrupu karbon gövdəsinin daxilində yerləşir
Triozlar: üçkarbonlu şəkərlər (C ₃ H ₆ O ₃)	
 Qliseraldehid Qlükozun ilkin parçalanma məhsulu	 Dihidroksiaseton Qlükozun ilkin parçalanma məhsulu
Pentozlar: beşkarbonlu şəkərlər (C ₅ H ₁₀ O ₅)	
 Riboz RNA-nın tərkib hissəsi	 Ribuloz Fotosintezin aralıq məhsulu
Heksozlar: altıkarbonlu şəkərlər (C ₆ H ₁₂ O ₆)	
 Qlükoz Canlıların enerji mənbəyi	 Qalaktoz Canlıların enerji mənbəyi
	 Fruktoz Canlıların enerji mənbəyi

ƏLAQƏ QUR > 1970-ci illərdə qarğıdalı şərbətindəki qlükozu daha şirin dadı sahib izomer olan fruktoza çevirən proses işlənib hazırlanırdı. Hal-hazırda alkoqolsuz içki və emal olunmuş qidanın əsas tərkib hissəsini təşkil edən yüksək fruktozlu qarğıdalı şərbəti qlükoz və fruktozun qarışığıdır. Qlükoz və fruktoz hansı tip izomerlərdir? (Şəkil 4.7)

▼ Şəkil 5.4 Qlükozun xətti və həlqəvi formaları



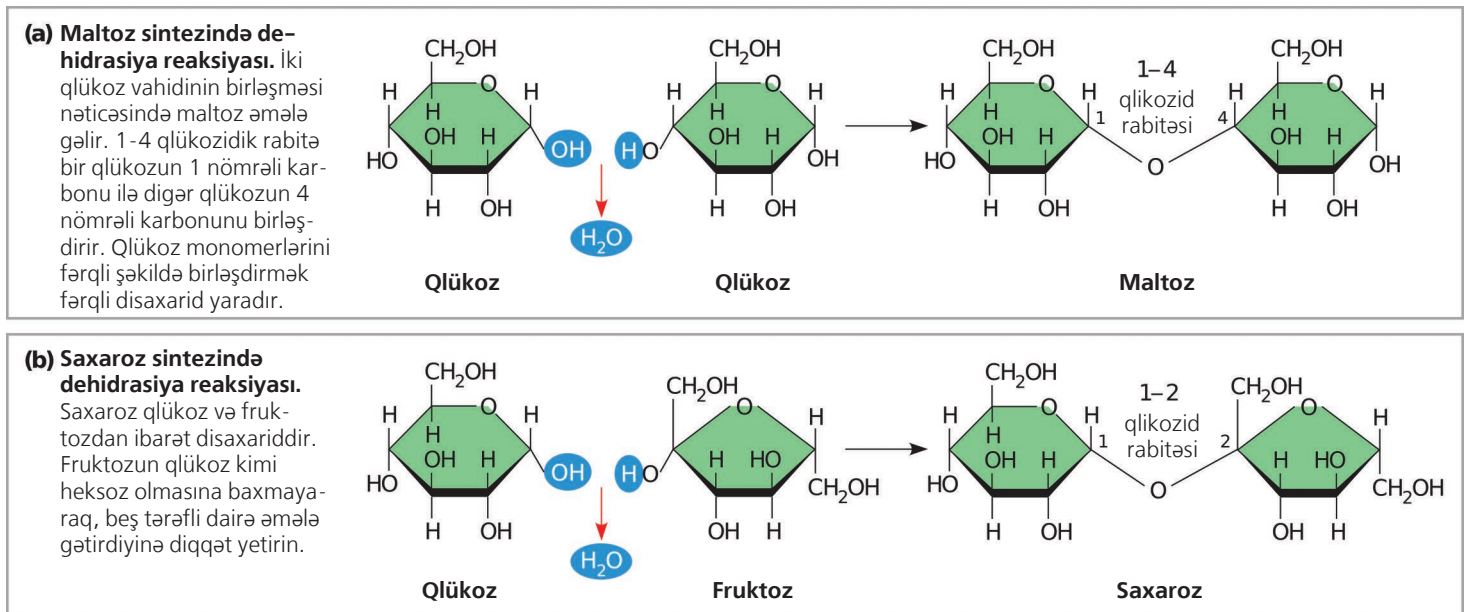
TƏSVİR ET ► *Fruktozun xətti strukturu ilə başlayaraq Şəkil 5.3a-dakı kimi fruktoz halqasının formalaşmasını iki mərhələdə göstərin. Birincisi, xətti strukturun yuxarisından başlayaraq karbonları nömrələyin. Daha sonra 5-ci karbonun oksigeni ilə 2-ci karbonu birləşdirən həlqəvi molekul çəkin. Fruktoz və qlükoz halqalarındakı karbon sayını müqayisə edin.*

Monosaxaridlər, xüsusilə də qlükoz hüceyrənin əsas qidasıdır. Hüceyrələr hüceyrəvi tənəffüs vasitəsilə qlükoz molekulunu ardıcıl bir sıra reaksiya ilə parçalayaraq, ondan enerji əldə edir. Hüceyrəvi işin əsas yanacağı olmaqla yanaşı, sadə şəkərlərin karbon gövdəsi amin-turşu və yağ turşusu kimi digər kiçik üzvi maddələrin sintezi üçün xam maddə rolunu da oynayır. Birbaşa istifadə olunmayan şəkərlər adətən bu yolla disaxarid və polisaxaridlərə çevrilir.

Disaxarid iki monosaxaridin dehidrasiya reaksiyası nəticəsində **qlikozid rabitəsilə** (qliko burada karbohid-

ratı ifadə edir) bir-birinə bağlanmasından əmələ gəlir. Məsələn, pivə istehsalında istifadə olunan səməni şəkəri, yaxud maltoz iki qlükoz molekulundan ibarət disaxariddir (**Şəkil 5.5a**). Ən geniş yayılmış disaxarid qəndin tərkib hissəsi olan qlükoz və fruktozdan ibarət saxarozdur (**Şəkil 5.5b**). Bitkidəki karbohidratların çoxu saxaroz formasında yarpaqdan kök kimi fotosintez qabiliyyətinə malik olmayan orqanlara daşınır. Süd şəkəri olan laktoz molekulunda isə qlükoz qalaktoz monomerinə birləşir. Canlı tərəfindən enerji mənbəyi olaraq istifadə oluna bilməsi üçün disaxarid monosaxaridlərə parçalanmalıdır.

▼ Şəkil 5.5 Disaxarid sintez nümunələri



TƏSVİR ET ► *Şəkil 5.3 və 5.4-ə istinadən bu şəkildəki bütün şəkər karbonlarını nömrələyin. Rabitə adı ilə karbon nömrələri necə əlaqələnir?*

Laktoz dözümsüzlüyü laktoz parçalayan *laktaz* enziminə malik olmayan insanlarda rast gəlinən, geniş yayılmış haldır. Şəkər laktaz yerinə bağırsaq bakteriyaları tərəfindən parçalanır və əmələ gələn qaz sancıya səbəb olur. Bu problemi süd və süd məhsulları qəbul edərkən laktoz parçalayan laktaz enzimi əlavə etmək və ya bu enzimlə əvvəldən emal edilmiş qida istifadə etməklə aradan qaldırmaq mümkündür.

Polisaxarid

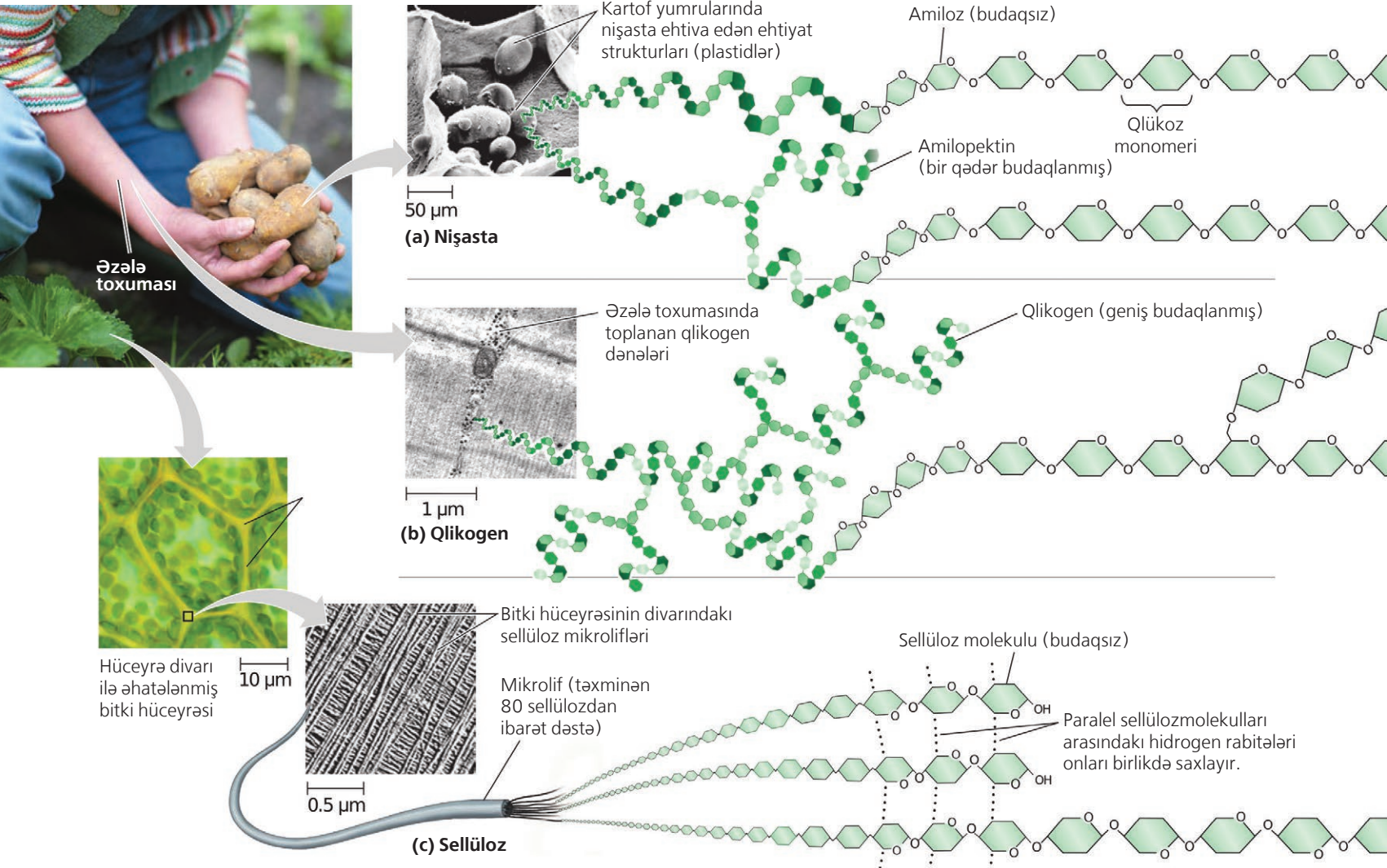
Polisaxarid bir neçə yüz ilə min arasında dəyişən monosaxaridin qlükosid rabitə vasitəsilə birləşməsindən əmələ gələn polimer makromolekuludur. Bəzi polisaxaridlər ehtiyat qida rolunu oynayır və lazım gələndə par-

çalanaraq hüceyrələrin şəkər ehtiyacını qarşılıyır. Digər polisaxaridlər isə hüceyrəni, yaxud bütün orqanizmi qoruyan strukturlar əmələ gətirir. Polisaxaridin struktur və funksiyası şəkər monomerlərinin növü, polimer daxilindəki yeri və aralarındakı qlükosid rabitələr tərəfindən müəyyən olunur.

Ehtiyat Polisaxaridləri

Həm bitki, həm də heyvanlar daha sonra istifadə etmək üçün şəkəri ehtiyat polisaxaridlər şəklində qoruyub saxlayırlar (**Şəkil 5.6**). Xloroplastın da daxil olduğu bitki plastidləri qlükosid monomerlərindən ibarət, dənəcik formasında polimer olan **nişasta** toplayır. Nişasta istehsalı bitkiyə artıq qlükosu qoruyub saxlamaq imkanı

Şəkil 5.6 Bitki və heyvan polisaxaridləri. (a) Bitki hüceyrəsinin ehtiyat maddəsi olan nişasta, (b) heyvanın əzələ hüceyrəsində ehtiyat maddəsi olan qlükogen, eləcə də (c) bitkinin hüceyrə divarında olan struktural sellüloz lifləri tamamilə qlükosid monomerlərdən (yaşıl altıbucaqlar) ibarət polisaxaridlərdir. Nişasta və qlükogendə monomerlərarası rabitələrin bucağından dolayı polimer zəncirlər budaqlanmayan bölgələrdə spirallar əmələ gətirməyə meyllidir. Nişastanın iki növü var: amiloz və amilopektin. Qlükosidarası rabitəsi fərqli olan sellüloz isə hər zaman budaqsızdır.



verir. Qlükoz hüceyrənin əsas yanacağı olduğuna görə nişasta da yanacaq ehtiyatıdır. Qlükoz şəkər monomerləri arasındakı rabitəni qıran hidroliz prosesi vasitəsilə bu karbohidrat *bank hesabından çəkilərək* istifadəyə verilir. İnsan daxil olmaqla, əksər heyvan hüceyrəsi bitki nişastasını parçalayan enzimlərə malik olduğuna görə bu maddədəki qlükoz onlar üçün qidadır. Kartof yumrusu, buğda, qarğıdalı, düyü və digər dənli bitkilər insan qidasındakı nişastanın əsas hissəsini təşkil edir.

Nişastadakı qlükozlardan çoxu maltozdakı kimi 1–4 əlaqəsi (bir nömrəli karbondan dörd nömrəli karbona) ilə bir-birinə qoşulmuşdur (Şəkil 5.5a). Nişastanın ən sadə forması olan amiloz budaqsızdır. Ondan daha mürəkkəb nişasta olan amilopektin isə haçalanma nöqtələrində 1–6 bağları olan budaqlı polimerdir (Şəkil 5.6a).

Heyvanlar ehtiyat üçün amilopektindən daha budaqlı molekul olan **qlikogen** polisaxaridini istifadə edir (Şəkil 5.6b). Onurğalılar qlikogeni əsasən qaraciyər və əzələdə saxlayır. Ehtiyac halında qlikogen hidrolizi hüceyrələri qlükoza təmin edir. (Qlikogenin budaqlı strukturu funksiyası ilə üst-üstə düşür: əlavə uclar hidroliz üçün əlavə səth sahəsi deməkdir). Lakin bu yanacaq ehtiyatı heyvanın ehtiyacını uzun müddət qarşılaya bilmir. Məsələn, qida ilə təmin olunmasa, insanın qlikogen ehtiyatı bir günə bitir. Karbohidratı az olan qida buna görə də zəiflik və yorğunluğa səbəb ola bilər.

Struktural Polisaxaridlər

Canlılar struktural polisaxaridlərdən güclü materiallar yaradırlar. Məsələn, **sellüloz** polisaxaridi bitki hüceyrəsini əhatələyən dayanıqlı divarın əsas tərkib hissəsidir (Şəkil 5.6c). Bitkilər dünyada il ərzində 10^{14} kg (100 milyard ton) sellüloz istehsal edir. Sellüloz Yer kürəsinin ən bol üzvi maddədir.

Sellüloz da nişasta kimi 1–4 qlikozid rabitəli qlükoz polimeri olsa da, tərkibindəki rabitələrə görə ondan fərqlənir. Fərq qlükozun bir-birindən çox az fərqlənən iki halqəşəkilli strukturu nəticəsində yaranır (Şəkil 5.7a).

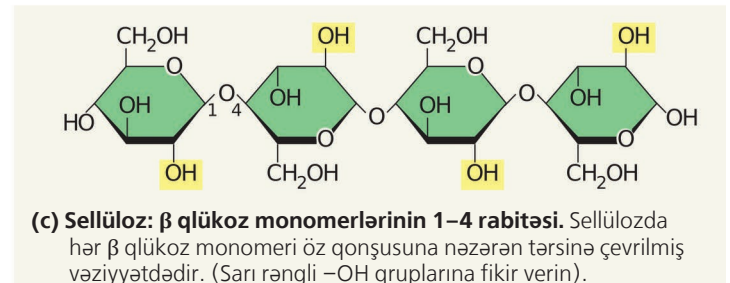
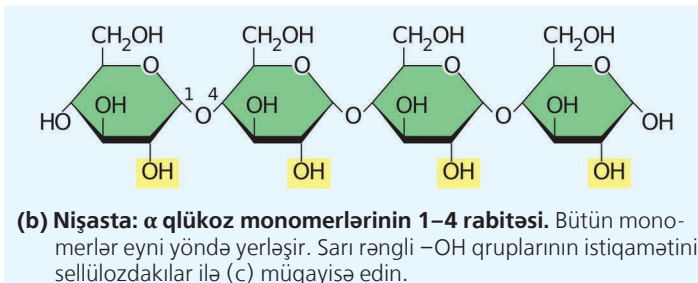
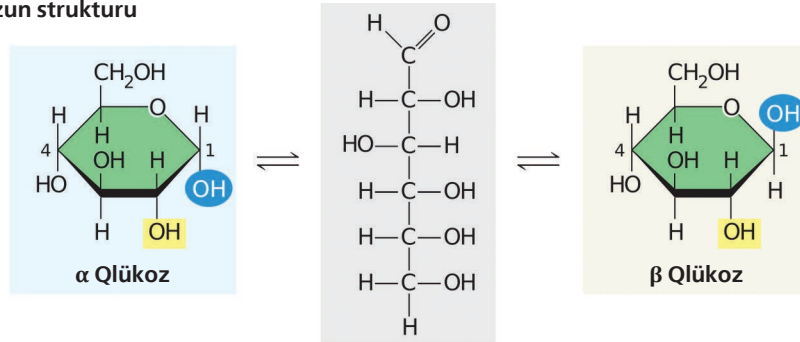
Qlükoz halqəsi əmələ gələrkən hidroksil qrupu 1 nömrəli karbona halqa müstəvisinin üst, yaxud alt tərəfindən birləşə bilər. Nəticədə əmələ gələn qlükoz, müvafiq olaraq alfa (α) və beta (β) adlanır. (Bu kitabda şəkil və sualların hissələrini ayırmaq üçün a, b, c kimi hərflər istifadə olunduğu kimi, bioloji molekulların fərqli versiyalarını adlandırmaq üçün yunan hərflərindən də istifadə olunur). Şəkil 5.4 və 5.5-dəki kimi, nişastanın qlükoz monomerlərinin hamısı α tipidir (Şəkil 5.7b). Əksinə, sellülozun qlükoz monomerləri isə β konfigurasiyasına malikdir. Beləcə, sellülozda bir qlükoz yanındakına nəzərən “baş aşağı” vəziyyətdə yerləşir (Şəkil 5.7c; həmçinin, Şəkil 5.6c).

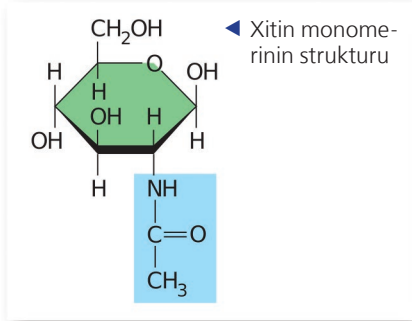
Nişasta və sellülozdakı fərqli qlikozid rabitələri bu iki polimerə unikal üçölçülü forma verir. Nişasta molekulu qlükoz vahidlərini effektiv şəkildə tədarük etmək funksiyasına uyğun olaraq, əksərən spiralvari formada olur. Sellüloz isə düz formaya malikdir. O budaqlanmır və tərkibindəki qlükoz monomerlərinin bəzi hidroksil qrupları paralel yerləşən sellüloz polimerinin monomerlərinə aid eyni qruplarla hidrogen rabitəsi yarada bilər. Şəkil 4.6c-də bir-birinə yapışmış paralel sellüloz molekulları mikrolif adlanan vahidlər şəklində bitki hüceyrə divarında qruplaşırlar. Naqiləbənzər struktura malik bu mikroliflər bitki üçün güclü struktur materialıdır. Bu maddə insan üçün də mühümdür, çünki kağızın əsas tərkibi, pambığın isə yeganə tərkib hissəsidir. Sellülozun budaqsız strukturu onun funksiyası ilə üst-üstə düşür: bitkiyə fiziki dəstək verir.

Nişastanın α əlaqələrini hidrolizlə parçalayan enzim sellülozun β əlaqələrini parçalaya bilmir. Səbəb bu iki

▼ Şəkil 5.7 Nişasta və sellülozun strukturu

(a) α və β qlükozun həlqəvi strukturu. Qlükozun bir-birinə çevrilə bilən bu iki forması 1 nömrəli karbona birləşmiş hidroksil qrupunun (göy rəngli) yerinə görə fərqlənir.





Proteinin içində yerləşən xitin buğumayaqların xarici skeletini təşkil edir. Bu imperator çayırtkəsi (*Anax imperator*) köhnəlmiş xarici skeletini ataraq qabığını dəyişir və baş-ayaq vəziyyətində yetkin formada yenidən doğulur.

molekulun formalarının fərqli olmasıdır. Sellüloz parçalayıcı enzimlərə sahib olan canlı orqanizmlərin sayı çox deyil. İnsan daxil olmaqla, demək olar ki, heç bir heyvan bu enzimə sahib deyil. Qida ilə qəbul etdiyimiz sellüloz həzm borularından keçərək nəcisə birlikdə xaricə atılır. Sellüloz həzm yolları boyunca divarlara sürtünür, nəticədə borunun səthi qıcıqlanaraq selik ifraz edir. İfraz olunan selik qida axışını asanlaşdırır. Sellülozun insan orqanizmi üçün qida dəyəri olmasa belə, həzm prosesini asanlaşdırdığı üçün gərəklidir. Meyvə və tərəvəzlərin çoxu, həmçinin bütöv dənli məhsullar sellüloz ilə zəngindir. Qida paketlərinin üstündəki “həll olmayan lif” ifadəsi sellüloz mənasına gəlir.

Bəzi mikroorqanizmlər sellülozu qlükoza qədər parçalaya bilirlər. İnəyin mədə-bağırsaq sistemində sellüloz həzm edən prokariot və ibtidailər yaşayır. Bu mikroblar saman və digər otların tərkibindəki sellülozu hidrolizləyərək, inəyin qidalana biləcəyi qlükoza və digər birləşmələrə çevirir. Bənzər şəkildə, sellülozu həzm edə bilməyən termit də qarındakı prokariot və ibtidailər sayəsində odunu qidaya çevirib həzm edə bilir. Bəzi göbələklər də torpaq və başqa yerlərdəki sellülozu həzm etmək qabiliyyətinə malikdir ki, bu proseslə Yer kürəsinin ekosistemindəki kimyəvi elementləri yenidən istifadəyə verirlər.

Struktural olaraq digər vacib polisaxarid buğumayaqların (həşərat, hörümçək, xərçəng kimi heyvanlar) xarici skelet qurmaqda istifadə etdikləri **xitin** karbohidratıdır (Şəkil 5.8). Heyvanın yumşaq hissələrini əhatə edən bərk qabığa xarici skelet deyilir. Protein layı içinə yerləşən xitindən ibarət bu qabıq, ilk mərhələlərdə dəri sərtliliyində olur. Sonrakı mərhələlərdə həşəratlarda proteinlər bir-birilə kimyəvi bağlar qurduqca, xərçənglərdə isə kalsium karbonat artdıqca, xitin sərtləşir. Göbələklər hüceyrə divarı üçün sellüloz yerinə xitin istifadə edir. Bu polimer sellüloz kimi β bağlara malikdir, ancaq aralarındakı fərq xitindəki qlükoza monomerlərinin azotlu əlavələr ehtiva etməsidir (Şəkil 5.8).

YOXLAMA 5.2

1. Üçkarbonlu monosaxaridin kimyəvi formulu yazın.
2. İki qlükoza molekulu maltoza əmələ gətirmək üçün dehidrasiya reaksiyası vasitəsilə birləşir. Qlükoza formulu belədir: C₆H₁₂O₆. Maltozun formulu yazın.
3. **ƏGƏR** > Baytar xəstə inəyə antibiotik verdikdən sonra, müxtəlif prokariotlar ehtiva edən “bağırsaq kulturası” da əlavə edir. Bu nəyə lazımdır?

BAŞLIQ 5.3

Lipidlər müxtəlif növ hidrofobik molekulardır

Böyük molekul arasında yer alan, lakin həqiqi polimer olmayan lipidlər adətən makromolekul sayılır, çünki kifayət qədər böyük deyillər. Bu birləşmələrin **lipidlər** adı altında təsnif edilməsinin səbəbi onların əhəmiyyətli bir xassəyə malik olmasıdır: suda demək olar ki, həll olmur. Lipidin hidrofobik xassəsi strukturunun nəticəsidir. Oksigenə malik bəzi poliar rabitələri olsa da, lipid əsasən hidrokarbondan ibarətdir. Lipidlərin struktur və funksiyası bir-birindən çox fərqlənir. Bu qrupa mum və bəzi piqmentlər daxildir, ancaq biz burada diqqətimizi bioloji əhəmiyyətli lipidlər olan yağ, fosfolipid və steroidlər üzərində toplayacağıq.

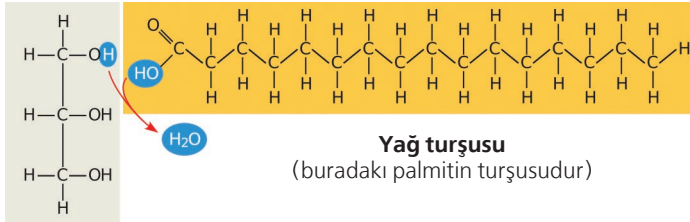
Yağ

Yağ polimer olmasa da, eynilə bir polimer kimi kiçik molekulaların dehidrasiya reaksiyasıyla (Şəkil 5.2a) birləşməsindən qurulan böyük molekuldur. Yağ iki cür molekuldan əmələ gəlir: qliserin və yağ turşuları (Şəkil 5.9a). **Qliserin** hər üç karbonuna bir ədəd hidroksil qrupu birləşən alkoqoldur. **Yağ turşusu** isə adətən 16–18 karbon atomlu gövdəyə malik uzun molekuldur. Bu gövdənin bir ucundakı karbon karboksil qrupuna daxildir. Monomer adını bu funksional qrupdan alır. Gövdənin yerdə qalanı hidrokarbon zənciridir. Hidrokarbon zəncirində C–H rabitələrinin nisbi olaraq qeyri-polyar olması yağ turşusunun hidrofobik xassəsinin əsas səbəbidir. Yağın sudan ayrılmasının səbəbi su molekulalarının öz aralarında hidrogen bağları əmələ gətirərək yağı sıxışdırıb aradan çıxarmasıdır. Su ilə yağ qarışdırıldığı zaman təbəqələr əmələ gəlməsinin səbəbi məhz budur.

Üç yağ turşusu və bir qliserin molekulu ester rabitəsi ilə birləşərək yağ, yaxud digər adıyla **triasilqliserin** əmələ gətirir. Ester rabitəsi karboksil qrupu ilə hidroksil qrupunun dehidrasiya reaksiyası nəticəsində yaranır. (Qida məhsullarının üstündəki inqredientlər siyahısında adətən bu yağların digər adı, *triqliserid* yer alır). Yağ molekulundakı yağ turşuları eyni növdən ibarət olduğu kimi, iki və ya üç fərqli növdən də ibarət ola bilər (Şəkil 5.9b).

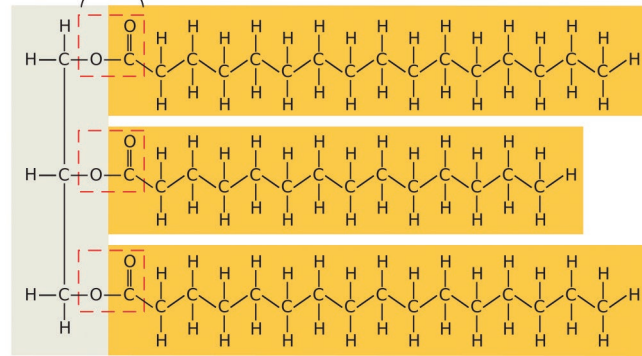
Kulinaryada *doymuş* və *doymamış* yağ terminlərindən tez-tez istifadə olunur (Şəkil 5.10). Bu terminlər yağ tur-

▼ **Şəkil 5.9 Yağların (triasilqliserin) sintez və strukturu.** Yağ bir molekul qliserin və üç molekul yağ turşusundan ibarətdir. (a) Qliserinə birləşən hər yağ turşusunun müqabilində bir molekul su ayrılır. (b) İkisi eyni növdən olan, üç yağ turşusundan ibarət yağ molekulu. Yağ turşusunun karbonlarının dörd tək rəbitəsinin yönünü düzgün təsvir etmək üçün karbonlar ziqzax xətt üzərində göstərilmişdir (Şəkil 4.3a və 4.6b).



Qliserin
(a) Yağ sintezindəki üç dehidrasiya reaksiyasından biri

Mürəkkəb efir rabitəsi



(b) Yağ molekulu (triasilqliserin)

şusunun hidrokarbon zəncirinin strukturu ilə əlaqəlidir. Zənciri əmələ gətirən karbonlar arasında ikiqat rəbitə yoxdursa, karbon gövdəsinə mümkün olan ən yüksək sayda hidrogen atomu bağlana bilər. Bu strukturun hidrogen ilə doymuş olduğu hesab olunur, buna görə də **doymuş yağ turşusu** adlanır (Şəkil 5.10a). **Doymamış yağ turşusu** isə bir və ya daha çox sayda ikiqat rəbitəyə malik olduğu üçün, ikiqat rəbitə ilə bağlı karbonların hər birindən bir hidrogen əskik olur. Demək olar ki, təbiətdəki bütün yağ turşularının ikiqat rəbitəsi *cis* formasındadır. *Cis* düzlüyünün olduğu yerlərdə hidrokarbon zəncirində kəskin büküş əmələ gəlir (Şəkil 5.10b). (*Cis* və *trans* ikiqat bağ haqqında biliklərinizi təkrarlamaq üçün Şəkil 4.7b-yə müraciət edin).

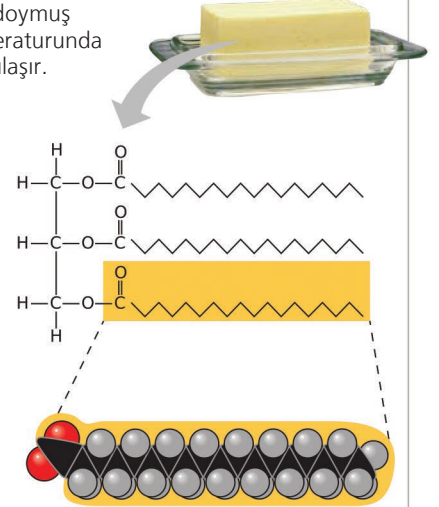
Doymuş yağ turşularından ibarət yağa doymuş yağ deyilir. Əksər heyvan yağları doymuşdur: buradakı yağ molekullarının “quyruqları”, yəni yağ turşusunun hidrokarbon zənciri heç bir ikiqat rəbitəyə malik deyil. Asanca əyilib bükülən quyruqları sıx şəkildə yan-yanə düzmək mümkündür. Heyvan mənşəli yağlar və kərə kimi doymuş heyvan yağları otaq temperaturunda bərk halda olurlar. Bitki (məsələn, zeytun yağı) və balıq yağları isə adətən doymamış yağlardır, yəni onların yağ turşuları bir və ya bir neçə növ doymamış yağ turşusundan ibarətdir. Bu maddələrdəki ikiqat *cis* rəbitələri olduqları yerdə büküş əmələ gətirərək maddənin yığılmaşaraq

▼ **Şəkil 5.10 Doymuş və doymamış yağ və yağ turşuları**

(a) Doymuş yağ

Kərə yağında olduğu kimi doymuş yağ molekulları otaq temperaturunda bir-birinə sıx birləşərək qatılaşır.

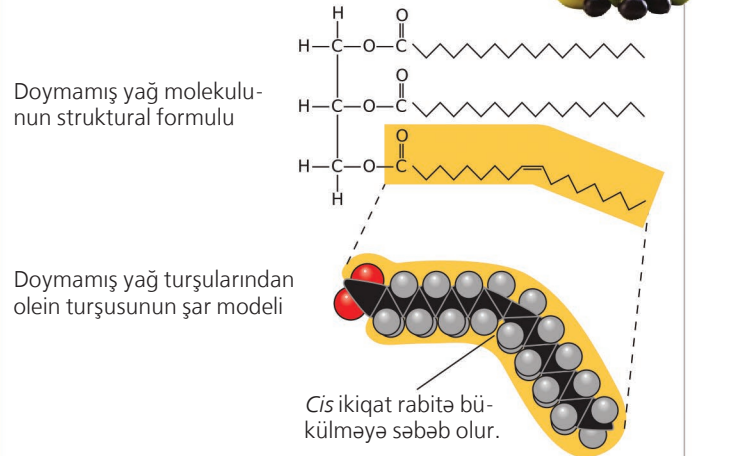
Doymuş yağ molekulu-nun struktural formulu (ziqzax xətt hidrokarbon zəncirini, küncələr isə karbon atomlarını təmsil edir; hidrogenlər göstərilməyib)



Doymuş yağ turşusu olan stearin turşusunun şar modeli (qırmızı = oksigen, qara = karbon, boz = hidrogen)

(b) Doymamış yağ

Zeytun yağı kimi doymamış yağ molekulları otaq temperaturunda qatılaşmır, çünki tərkibindəki yağ turşularının bəzisinin hidrokarbon zəncirlərindəki büküşlər molekulların lazımı qədər yığcam şəkildə yan-yanə düzlünməsinə mane olur.



otaq temperaturunda bərk hala gəlməsinin qarşısını alır. Qida məhsullarının üstündə yazılan “hidrogenləşdirilmiş bitki yağı” ifadəsi doymamış yağın süni olaraq doymuş yağa çevrildiyini və qatılaşdırıldığını bildirir. Marqarin və bənzəri qidalar yağın maye halda ayrılmasının qarşısını almaq üçün hidrogenləşdirilmiş yağlardır. Ürək-damar xəstəliyi olan aterosklerozun səbəblərindən biri doymuş yağla zəngin qida ola bilər. Damar divarlarının iç tərəfində plak (yastıq) adlanan yığıntılar yaranır və bu səbəblə damarda içəriyə doğru şişkinliklər

əmələ gəlir. Nəticədə, qan dövranı pozulur və damarların dayanıqlığı itirməsilə xəstəliklər ortaya çıxır. Bitki yağının hidrogenləşmə prosesində təkcə doymuş yağ deyil, eyni zamanda, *trans* ikiqat rabitələri olan doymamış yağlar da əmələ gəlir. Alimlər **trans yağların** ürək-damar xəstəliklərinə səbəb olduğunu düşünürlər (Başlıq 42.4).

Xüsusilə, emal olunmuş və sobada bişirilmiş qidalarda yüksək miqdarda *trans* yağ olduğu üçün ABŞ-in qida təhlükəsizliyi agentliyi FDA qida məhsullarının üzərində bu maddənin miqdarı haqqında məlumat verilməsini tələb edir. Agentlik 2018-ci ilədək *trans* yağların bütün qida məhsullarından çıxarılması şərtini qoymuşdu. Danimarka və İsveçrə kimi ölkələrdə *trans* yağların qida məhsulunda istifadəsi artıq qadağandır.

Yağın əsas vəzifəsi enerji tədarükü etməkdir. Yağın hidrokarbon zəncirləri benzin molekullarına bənzəyir və onlar qədər enerji yüklüdür. Bir qram yağ bir qram polisaxariddən (məsələn, nişasta) iki dəfə çox enerjiyə sahibdir. Bitki nisbətən hərəkətsiz orqanizmdir və buna görə də enerjini nişasta kimi çox yer tutan maddədə saxlaya bilir. (Bitki yağı, adətən toxumdan əldə olunur. Bitki kiçik həcmli toxumda daha yığcam enerji daşıyıcısı istifadə etməyə üstünlük verir). Heyvanlar isə enerji ehtiyatlarını özləri ilə birlikdə daşımaq məcburiyyətindədirlər, buna görə də az yer tutan, yığcam yanacaq ehtiyatı, yəni yağ onlar üçün daha əlverişli vasitədir. İnsan və digər məməlilər uzunömürlü qida ehtiyatını yağ əlavə olunub çıxarıldıqca böyüyüb-kiçilən piy hüceyrələrində saxlayırlar (Şəkil 4.6a). Piy toxuması enerji ehtiyatı saxlamaqla yanaşı, yastıq vəzifəsi icra edərək

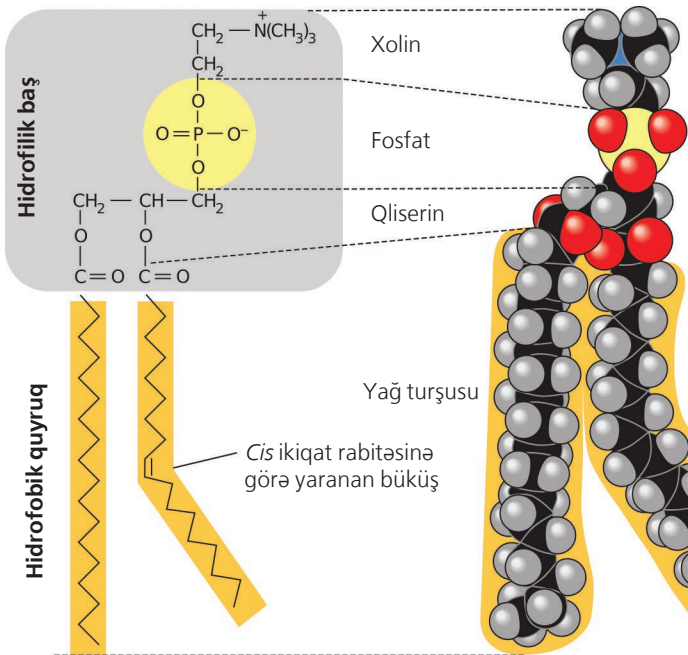
böyrək kimi həyati orqanları fiziki zərbədən qoruyur. Həmçinin, dərialtı piy təbəqəsi vücut üçün izolyasiya təbəqəsi vəzifəsini də icra edir. Bu dərialtı təbəqə vücutu soyuq okean suyundan qoruduğu üçün, xüsusilə balina, suiti və başqa dəniz məməlilərində çox qalıdır.

Fosfolipid

Hal-hazırda bildiyimiz halıyla hüceyrə digər lipid növü olan fosfolipidsiz mövcud ola bilməzdi. Fosfolipid hüceyrənin təməl maddələrindən biridir, çünki hüceyrə membranının əsas tərkib hissəsidir. Fosfolipidin strukturu molekulyar səviyyədə struktur ilə funksiyanın bir-birini necə yaxşı tamamladığının klassik nümunəsidir. **Fosfolipid** yağ molekuluna bənzəyir, lakin burada qliserinə üç deyil, iki yağ turşusu bağlıdır (Şəkil 5.11). Qliserinin üçüncü hidroksil qrupu hüceyrədə mənfi yüklənən fosfat qrupuna bağlanmışdır. Çox vaxt fosfat qrupuna polyar və ya yüklü bir kiçik molekul da bağlanır. Xolin bunlardan biridir (Şəkil 5.11), lakin digər maddələr də fərqli növ fosfolipid molekulları əmələ gətirməyə imkan verir.

Fosfolipidin iki ucunun hər biri suya qarşı fərqli davranış sərgiləyir. Hidrokarbon quyruqları hidrofobikdir və sudan uzaqlaşdırılır. Fosfat qrupu ilə əlavələri isə suya hərisliyi olan hidrofilik baş əmələ gətirirlər. Suyun içinə qoyulan fosfolipidlər öz-özünə qoşalay adlanan bir cüt laydan ibarət, hidrofobik yağ turşusu quyruqlarını sudan gizləyən təbəqə yaradırlar (Şəkil 5.11d).

Hüceyrənin səthində fosfolipidlər buna bənzər qoşalay şəklində düzülür. Molekulun hidrofilik başları

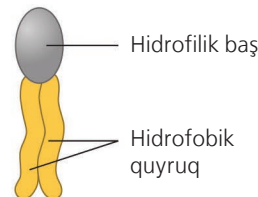


(a) Struktural formül

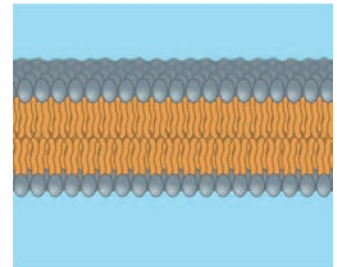
(b) Şar modeli

Şəkil 5.11 Fosfolipidin strukturu. Bir fosfolipidin hidrofilik (polyar) başı və iki hidrofobik (qeyri-polyar) quyruğu olur. Xolinfosfatid adlanan bu xüsusi fosfolipidin fosfat qrupuna birləşmiş xolini var. Burada (a) struktural formulu, (b) şar modeli (sarı = fosfor, mavi = azot), (c) bu kitab boyu qarşınıza çıxacaq fosfolipidin simvolu və (d) sulu mühitdə fosfolipidlərin öz-özünə toplaşması ilə qurulan qoşalay strukturu göstərilir.

TƏSVİR ET > Şar modelinin hidrofilik başını göstərin.



(c) Fosfolipid simvolu



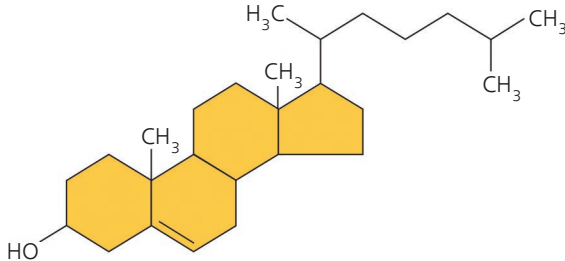
(d) Fosfolipid qoşalayı

qoşalayın kənar hissəsində hüceyrə daxilində və xaricindəki sulu məhlul ilə təmasda olur. Hidrofobik quyruqlar isə qoşalayın içinə doğru, sudan uzaqda yerləşirlər. Fosfolipid qoşalayı hüceyrə ilə ətrafı arasına sədd çəkir, eukariot hüceyrə daxilində müxtəlif bölmələr əmələ gətirir. Ümumiyyətlə, hüceyrə varlığını fosfolipidin bu xassəsinə borcludur.

Steroidlər

Steroidlər bir-birinə keçmiş dörd halqadan ibarət karbon gövdəsi ilə səciyyələnən yağlardır. Steroidin çeşidləri bir-birindən bu halqa dəstəsinə qoşulan müəyyən kimyəvi qruplar ilə fərqlənirlər. Bir növ steroid olan **xolesterin** heyvan üçün böyük əhəmiyyət daşıyır (**Şəkil 5.12**): heyvan hüceyrə membranının əsas tərkib hissələrindən biri olmaqla yanaşı, onurğalı heyvanların cinsiyyət hormonları da bu maddədən əldə olunur. Onurğalılarda xolesterin qaraciyərdə istehsal olunur və ya xaricdən qida ilə qəbul olunur. Qanda yüksək xolesterin səviyyəsi ateroskleroz xəstəliyinə səbəb olma ehtimalı var, lakin bəzi alimlər xolesterin və doymuş yağların bu xəstəliyin əmələ gəlməsindəki roluna şübhə ilə yanaşırlar.

▼ **Şəkil 5.12 Xolesterin, steroid.** Xolesterin cinsiyyət hormonları da daxil olmaqla, digər steroidlərin sintez olunduğu molekuldur. Steroidlər bir-birinə bağlanmış 4 halqaya birləşən kimyəvi qruplara görə fərqlənir (qızılı rənglə göstərilib).



ƏLAQƏ QUR ► Xolesterini Başlıq 4.3-ün əvvəlindəki şəkildə göstərilmiş cinsiyyət hormonları ilə müqayisə et. Xolesterinin estradiolla ortaq kimyəvi qruplarını dairəyin; xolesterinin testosteronla ortaq kimyəvi qruplarını çərçivəyə alın.

YOXLAMA 5.3

1. Yağ (triqliserid) ilə fosfolipidin strukturunu müqayisə edin.
2. İnsanın cinsiyyət hormonları nə üçün lipid sayılır?
3. **ƏGƏR** ► Bitki və bəzi heyvan hüceyrələrində olduğu kimi, yağ damcısını bir membranın əhatə etdiyini fərz edin. Membran hansı strukturda olmalıdır?

BAŞLIQ 5.4

Proteinlər yüksək struktural və funksional müxtəlifliyə malik molekulardır

Canlı orqanizmin demək olar ki, bütün dinamik funksiyaları proteindən asılıdır. Əslində, proteinin əhəmiyyəti adında əks olunub: protein sözü yunanca ilk, əsas mənasına gələn *proteios* sözündən götürülmüşdür. Protein əksər hüceyrənin quru çəkisinin yarısından çoxunu təşkil edir və orqanizmin istənilən fəaliyyətində mühüm rol oynayır. Proteinlərin çoxu kimyəvi reaksiyaları sürətləndirir, yerdə qalanlar isə müdafiə, ehtiyat saxlama, daşınma, hüceyrələrarası xəbərləşmə, hərəkət və struktural dəstəkdə iştirak edirlər. **Şəkil 5.13**-də bu funksiyalara sahib proteinlərə nümunə verilmişdir. Onlar haqqında gələcək fəsillərdə daha çox danışacağıq.

Canlıların demək olar ki, heç biri proteindən ibarət enzimlər olmadan mövcud ola bilməzdi. Protein enzimlər kimyəvi reaksiyada özləri sərf olunmadan seçici şəkildə reaksiyanı sürətləndirən **katalizator** vəzifəsini icra edərək hüceyrə metabolizmasını tənzimləyir. Bir enzim işini təkrar-təkrar yerinə yetirə bildiyi üçün bu molekulaları həyati prosesləri aparan işçilərə bənzətmək mümkündür.

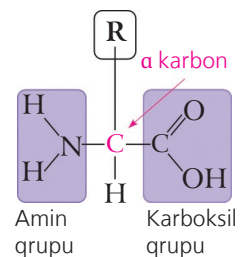
Bir insan hər birinin özünəməxsus struktur və funksiyası olan on minlərlə fərqli proteinə malikdir. Proteinlər struktural baxımdan elmə məlum olan maddələr arasında ən mürəkkəb molekuldur. Proteinlər funksional baxımdan nə qədər geniş fərqliliyə sahibdirlərsə, struktural baxımdan da bir o qədər müxtəlifdirlər: hər proteinin öz unikal üçölçülü forması vardır.

Bütün proteinlər budaqsız polimer şəklində, eyni 20 aminturşu dəstindən yaradılır. Aminturşular arasındakı bağa *peptid rabitəsi* deyildiyi üçün, aminturşu polimeri də **polipeptid** adlanır. **Protein** bir və ya bir neçə sayda, hər biri qatlanıb bükülərək müəyyən üçölçülü struktur əmələ gətirən polipeptidlərdən ibarət bioloji olaraq funksional molekuldur.

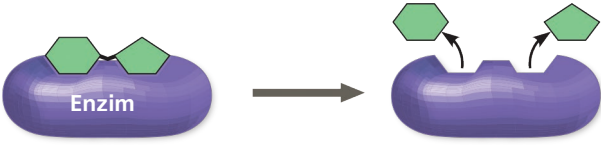
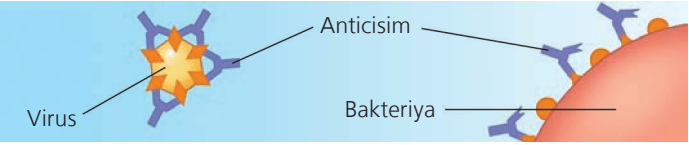
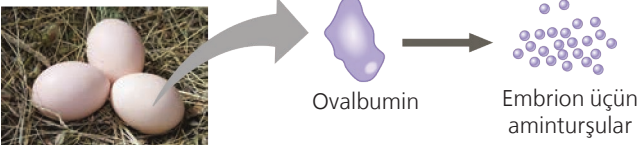
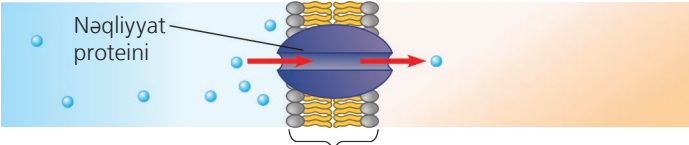
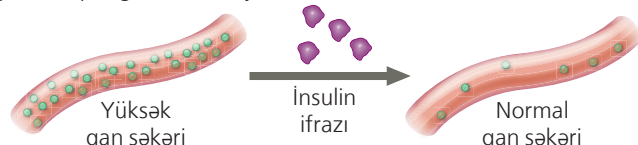
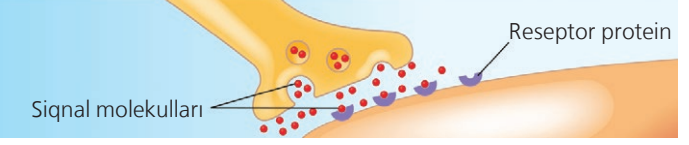
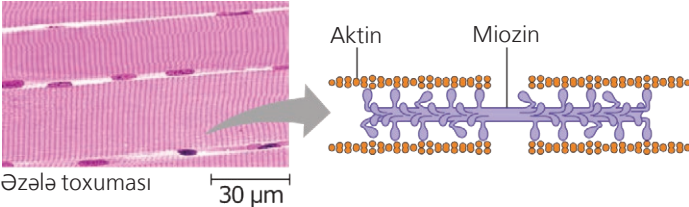
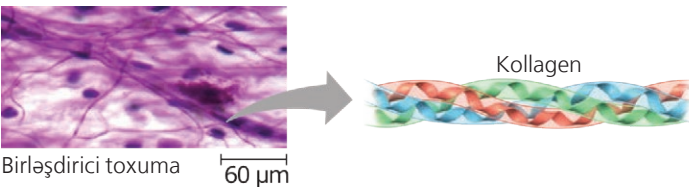
Aminturşu Monomerləri

Bütün aminturşular ortaq struktura malikdir. **Aminturşu** həm amino, həm də karboksil qrupuna malik üzvi molekuldur (**Şəkil 4.9**). Buradakı kiçik sxemdə aminturşunun ümumi formulu verilmişdir. Molekulun mərkəzində *alfa* (α) karbon adlanan bir ədəd asimmetrik karbon yerləşir. Bu karbonun bir-birindən fərqlənən dörd fərqli qonşusu var: bir amino qrupu, bir karboksil qrupu, bir hidrogen atomu və R ilə göstərilən dəyişən qrup. Yan zəncir olaraq da adlandırılan R qrupu aminturşuları bir-birindən fərqləndirir. **Şəkil 5.14** hüceyrənin minlərlə

Yan zəncir (R qrupu)



Şəkil 5.13 Protein funksiyasına ümumi baxış

Enzim proteinləri Funksiya: Kimyəvi reaksiyaların seçici sürətləndirilməsi Nümunə: Həzm enzimləri qida molekullarındakı rabitələrin hidrolizini katalizləyir. 	Müdafiə proteinləri Funksiya: Xəstəliklərə qarşı qorunma Nümunə: Anticisimlər virus və bakteriyalara bağlanaraq onları deaktivləşdirir və onların məhvina kömək edir. 
Ehtiyat proteinləri Funksiya: Aminturşuların tədarükü Nümunə: Süd proteini kazein məməli balası üçün əsas aminturşu mənbəyidir. Bitki toxumunda da qida ehtiyatı proteinləri var. Ovalbumin yumurta ağı proteinidir və inkişafda olan embrion üçün aminturşu mənbəyi kimi istifadə olunur. 	Nəqliyyat proteinləri Funksiya: Maddə daşınması Nümunə: Onurğalı heyvan qanının dəmir ehtiva edən proteini, yəni hemoglobin oksigeni ağciyərdən bədənin digər hissələrinə daşıyır. Digər proteinlər isə burada göstəriləndiyi kimi, molekulları membran içində bir yerdən digərinə köçürür. 
Hormonal proteinlər Funksiya: Orqanizmin fəaliyyətinin koordinasiyası Nümunə: Mədəaltı vəz tərəfindən ifraz olunan insulin hormonu digər toxumaların qlükozu qəbul etməsinə səbəb olur və bu şəkildə qanda şəkərin qatılığını tənzimləyir. 	Reseptor proteinlər Funksiya: Hüceyrənin kimyəvi qıcığa cavab verməsi Nümunə: Sinir hüceyrəsinin membranında yerləşən reseptorlar digər sinir hüceyrələri tərəfindən buraxılan siqnal molekullarını tanıyır. 
Yığıla bilən və hərəkət proteinlər Funksiya: Hərəkət Nümunə: Hərəkət proteinlər kırıqların və qamçının dalğalanmasına görə, aktin və miozin proteinləri isə əzələnin yığılmasına görə cavabdehdir. 	Struktural proteinlər Funksiya: Dayaq Nümunə: Keratin saç, dırnaq, lələk və digər dəri çıxıntılarında proteindir. Böcək və hörümçəklər öz baramalarını və torlarını qurmaq üçün ipək liflərdən istifadə edir. Kollagen və elastin proteinləri heyvanların birləşdirici toxumalarını lifli gövdəylə təmin edir. 

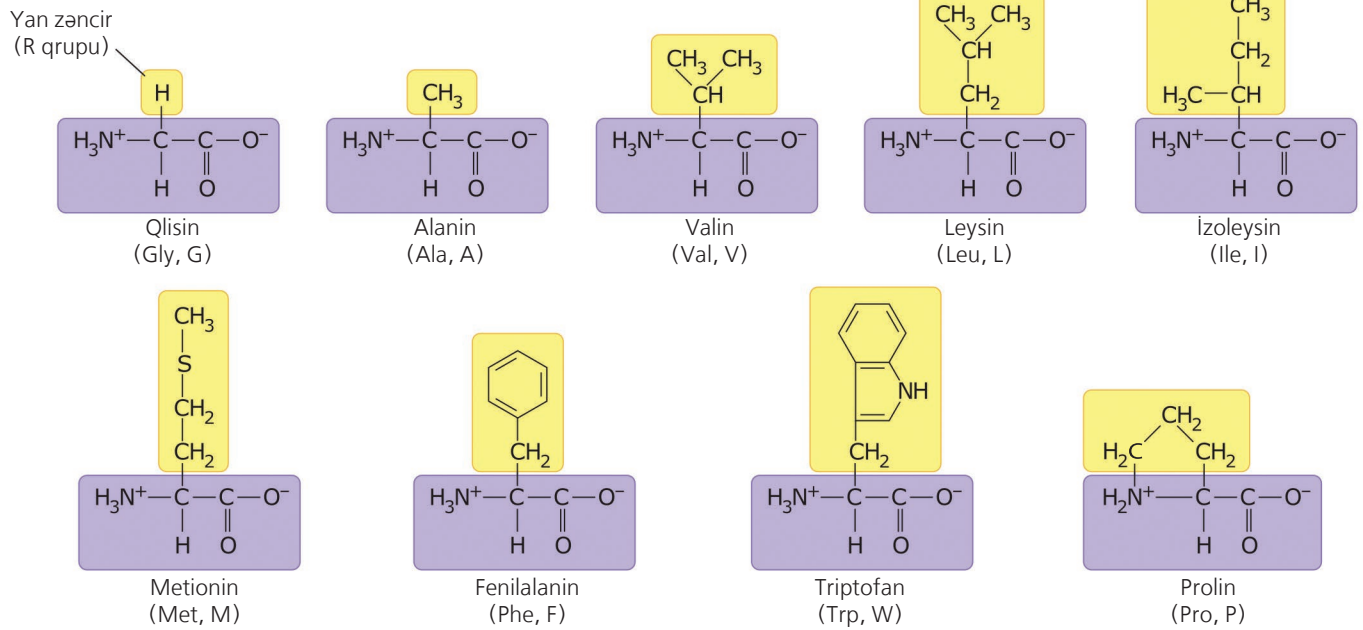
lə fərqli protein əmələ gətirmək üçün istifadə etdiyi 20 aminturşunu göstərir. Burada amino və karboksil qrupu hüceyrə daxilində adi pH dəyərində olduğu kimi ionlaşmış formada göstərilmişdir. Yan zəncir (R qrupu) qlisin aminturşusundakı kimi sadə bir hidrogendən, və ya qlutamin aminturşusunda olduğu kimi, müxtəlif funksional qrupların qoşulduğu karbon gövdəsindən ibarət ola bilər.

Yan zəncirin fiziki və kimyəvi xassələri aminturşuya spesifik xüsusiyyətlər qazandırır və beləcə, polipeptidin funksiyasına təsir edir. Şəkil 5.14-də aminturşular yan zəncirə görə qruplaşdırılıb. Bir qrup hidrofobik

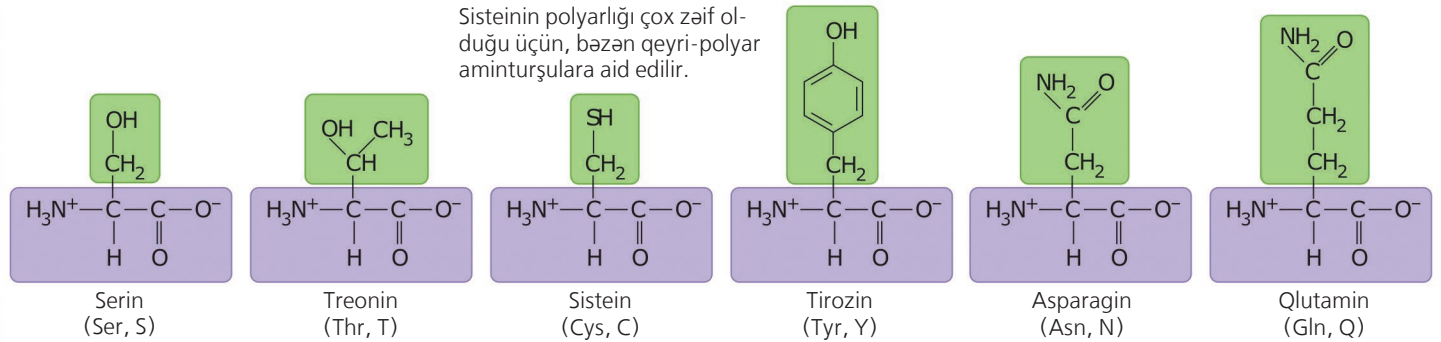
qeyri-polyar yan zəncirlərə malik aminturşulardır, digər qrup hidrofilik və polyar yan zəncirə malik olanlardır. Turş xassəyə malik aminturşular adətən mənfi yüklü olurlar, çünki yan zəncirdəki karboksil qrupu hüceyrənin normal pH səviyyəsində ionlaşmış vəziyyətdə olur. Qələvi aminturşuların yan zəncirində isə əksər hallarda müsbət yüklü amino qrupu olur. (Qeyd edək ki, bütün aminturşuların karboksil və amino qrupları vardır. Turş və qələvi terminləri sadəcə aminturşunun yan zənciri nəzərə alınaraq istifadə olunur). Yüklü olduqları üçün turş və qələvi yan zəncirlər, eyni zamanda hidrofilik xassəyə malikdir.

▼ **Şəkil 5.14 Proteinlərdəki 20 aminturşusu.** Aminturşular burada yan zəncirin (R qruplarının) xassələrinə görə qruplaşdırılıb və pH 7.2-də mövcud olan formalarında göstərilib. Aminturşuların üçhərflili və birhərflili qısaltmaları mötərizədə göstərilib. Proteinləri əmələ gətirən bütün aminturşular L enantiomerlərdir (Şəkil 4.7c).

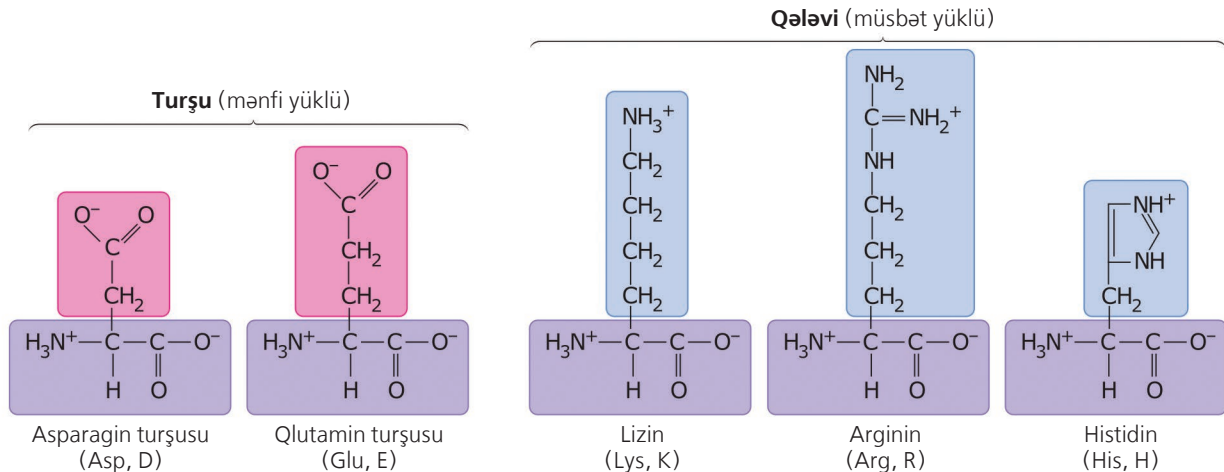
Qeyri-polyar yan zəncirlər; hidrofobik



Polyar yan zəncirlər; hidrofilik



Elektrik yüklü yan zəncirlər; hidrofilik

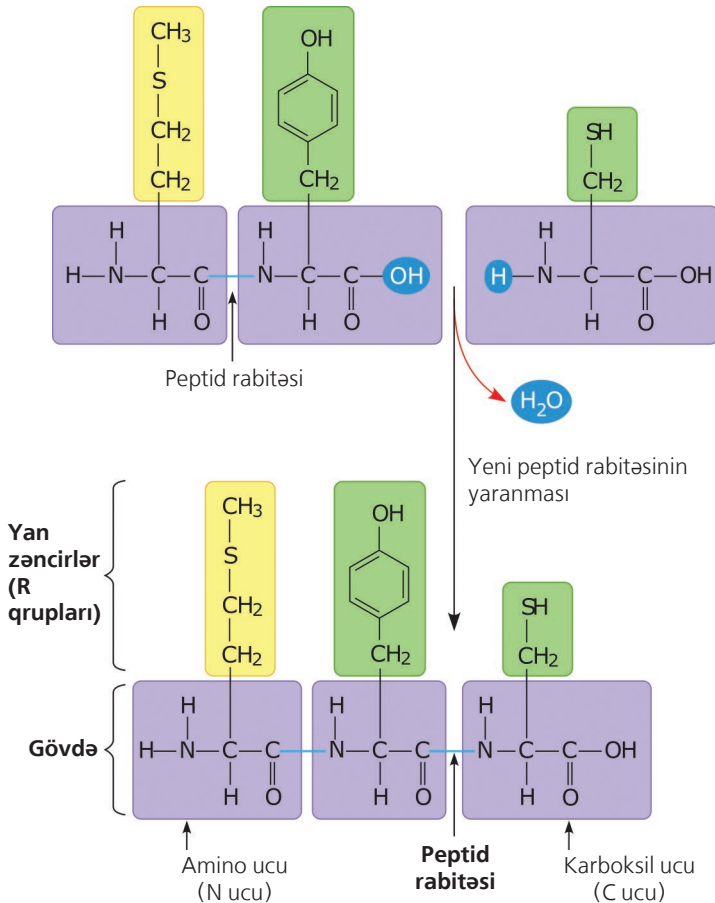


Polipeptid – Aminturşu Polimeri

Aminturşulardan bəhs etdiyimizə görə, artıq onların polimer əmələ gətirməsinə keçə bilərik (**Şəkil 5.15**). Proses zamanı bir aminturşunun karboksil qrupu ilə digərinin amino qrupu yan-yanə gələrək dehidrasiya reaksiyası vasitəsilə bir su molekulu ortaya çıxarır və rabitə əmələ gətirir. Əmələ gələn rabitə **peptid rabitəsi** adlanır. Bu proses təkrarlanaraq bir sıra aminturşunu peptid rabitəsi ilə bir-birinə qoşur və polipeptid yadır. Hüceyrələrin polipeptid istehsalı haqda daha ətraflı Başlıq 17.4-də öyrənəcəksiniz.

Şəkil 5.15-də bənövşəyi rənglə işarələnmiş təkrarlanan atom sırası *polipeptid gövdə* adlanır. Bu polipeptid gövdədən müxtəlif aminturşu yan zəncirləri (R qrupları) çıxır. Polipeptiddəki aminturşu sayı bir neçədən minə və ya daha artıqna qədər dəyişir. Hər bir polipeptid zəncirinin özünəməxsus xətti aminturşu ardıcılığı vardır. Polipeptidin bir ucunda sərbəst amino qrupu (N ucu), digər ucunda isə sərbəst karboksil qrupu (C ucu)

▼ **Şəkil 5.15 Polipeptid zəncirin əmələ gəlməsi.** Peptid rabitəsi bir aminturşunun karboksil qrupu ilə digərinin amino qrupunu birləşdirən dehidrasiya reaksiyası nəticəsində əmələ gəlir. Peptid rabitələri ardıcılıqla əmələ gəlir və amino ucunda (N ucu) yerləşən aminturşudan başlayır. Polipeptidin təkrarlanan gövdəsi (bənövşəyi) var; aminturşu yan zəncirləri (sarı və yaşıl) bu gövdəyə bağlanır.



TƏSVİR ET ► Üçhərflə və birhərflə kodlardan istifadə edərək yuxarıdakı üç aminturşunu adlandır. Yeni peptid rabitəsinə əmələ gətirəcək karboksil və amino qruplarını dairəyə al.

yer alır. Bütövlükdə molekulun kimyəvi xassəsi yan zəncirlərinin növü və ardıcılığı tərəfindən müəyyən olunur: bu xassələri polipeptidin necə büküləcəyini və buna bağlı olaraq da onun son forma və kimyəvi xarakterini təyin edir. Təbiətdəki ucsuz-bucaqsız polipeptid müxtəlifliyi daha öncə bəhs etdiyimiz bir prinsipi gözlər önünə sərir: hüceyrə məhdud sayda monomerləri bir-birinin ucuna çeşidli ardıcılıqla əlavə edərək, müxtəlif növ polimerlər əldə edə bilər.

Protein Struktur və Funksiyası

Proteinin özünəməxsus fəaliyyəti onun mürəkkəb üçölçülü strukturunun nəticəsidir. Bu memari strukturun ən sadə səviyyəsi aminturşu ardıcılığıdır. Polipeptidin aminturşu ardıcılığı bizə proteinin üçölçülü strukturunu (bundan sonra sadəcə *struktur*) və funksiyası haqqında nə deyə bilər? *Polipeptid* termini ilə *protein* termini bir-birinin sinonimi deyil. Yalnız bir polipeptiddən ibarət protein üçün belə, bu əlaqəni uzun bir iplik ilə bu iplikdən toxunmuş xüsusi ölçü və formaya malik paltara bənzətmək olar. Funksional protein təkə bir polipeptid zənciri deyil. Protein bir və ya daha çox polipeptidin dəqiq şəkildə əylənərək, qatlanıb bükülərək unikal şəkllə gəldiyi molekuludur. Bu molekulu müxtəlif şəkildə göstərmək mümkündür (**Şəkil 5.16**). Hüceyrənin normal şərtləri altında proteinin üçölçülü strukturunun necə olacağını təyin edən şey hər polipeptidin aminturşu ardıcılığıdır.

Polipeptid hüceyrədə sintez olunarkən, bəzən zəncir öz-özünə bükülərək proteinin son funksional formasını ala bilər. Bu bükülməyə icazə verən şey zəncirin müxtəlif hissələri arasında rabitələrin yaranmasıdır ki, bu da öz növbəsində, aminturşu ardıcılığının necəliyindən asılıdır. Bəzi proteinlər kürəşəkilli (*kürəvi proteinlər*), digərləri isə uzun lif (*lifli proteinlər*) formasındadır. Bu böyük kateqoriyalar içində, sayısız-hesabsız alt növlər mövcuddur.

Proteinin özünəməxsus strukturunu onun funksiyasını təyin edir. Bu makromolekulların funksiyası, demək olar ki, hər zaman başqa bir molekulu tanıyaraq, ona bağlanma qabiliyyətindən asılıdır. Forma ilə funksiyanın uyğunluğunun parlaq nümunəsini göstərən **Şəkil 5.17**-də anticisim (bədənin öz proteini) grip virusunun üzərindəki spesifik yad maddəni dəqiqliklə tanıyır və parçalanması üçün işarələyir. Başlıq 2.3-dəki endorfin nümunəsində də molekulların bir-birinə uyğun formalarından bəhs etmişdik: Vücudun istehsal etdiyi endorfin molekulları və sintetik dərman morfin insan beyin hüceyrələrinin səthindəki reseptor proteinlərə bağlanaraq eyforiya və ağrıkəsici təsiri göstərir. Bu bağlanma açarın kilidə oturmaya bənzər prosesdir (**Şəkil 2.16**). Başqa reseptorlar kimi, endorfin reseptoru da proteindir. Proteinin funksiyası (məsələn, reseptor proteininin spesifik ağrıkəsici signal molekuluna bağlanma qabiliyyəti) onun mürəkkəb molekulyar strukturuna nəticəsində yaranan xassədir.

▼ Şəkil 5.16 Protein Vizualizasiyası

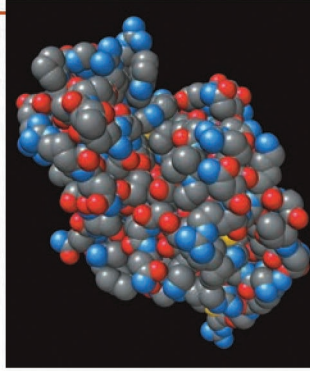
Məqsəddən asılı olaraq, proteini illüstrasiyada müxtəlif şəkildə göstərmək mümkündür.

Lizozimə birləşmiş hədəf molekul (bakteriya hüceyrəsinin səthində)

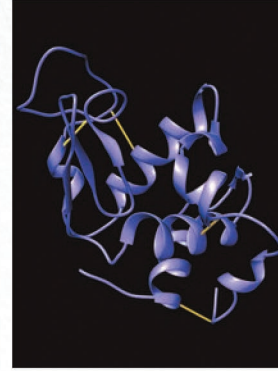
Struktural Modellər

Protein strukturu tədqiqatlarından əldə olunan informasiya əsasında kompüterlə müxtəlif modellər yaratmaq olur. Hər bir model protein strukturunun müxtəlif aspektini vurğulayır, lakin bunlardan heç biri proteinin həqiqi strukturunu tam əks etdirmir. Buradakı hər üç model göz yaşı və tüpürcəkdə bakteriyanın üzərindəki hədəf molekulə bağlanaraq infeksiyanın qarşısını alan lizozim proteinini təsvir edir.

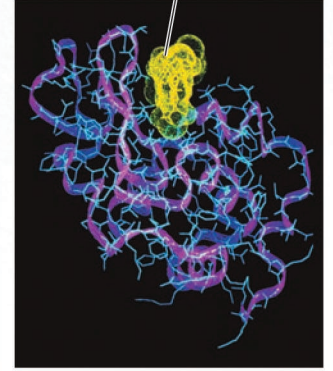
1 Hansı modeldə polipeptid gövdəni görmək daha asandır?



Şar modeli: Proteinin hidrogenə bağlı bütün atomlarını göstərir və ümumi küresi formasını vurğulayır. Atomların rəngləri: boz = karbon, qırmızı = oksigen, mavi = azot və sarı = kükürd.



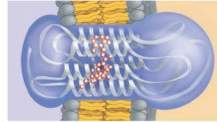
Lent modeli: Yalnız polipeptid gövdəni göstərir, üçölçülü forma əmələ gətirmək üçün necə büküldüyünü və burulduğunu vurğulayır, burada disulfid körpüləri ilə sabitləşmişdir (sarı xətlər).



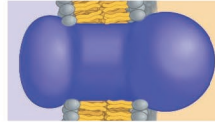
Tel modeli (mavi): Polipeptid gövdəni ondan uzanan yan zəncirlərlə (R qrupları ilə) birlikdə göstərir (Şəkil 5.15). Lent modeli (bənzərsiz) tel modelinin üzərində göstərilmişdir.

Sadələşdirilmiş Diaqramlar

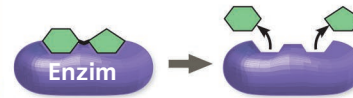
Hər zaman təfəssilatlı kompüter modelindən istifadə olunması zəruri deyil. Məqsəd proteinin strukturunu yox, funksiyasını qabartmaqdırsa, sadələşdirilmiş diaqram daha əlverişlidir.



Rodopsin proteininin ümumi forması ilə yanaşı, daxili detallarını da göstərmək üçün lent modelinin konturlarını əhatə edən sadə yan-şəffaf forma təsvir olunmuşdur.

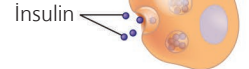


Struktural detallara ehtiyac yoxdursa, proteini təmsil etmək üçün tünd rəngli formadan istifadə etmək məqsədəuyğundur.



Burada ümumi bir enzimi göstərmək üçün sadə formadan istifadə olunub, çünki bu diaqram ümumi olaraq enzimin fəaliyyətinə yönəlib.

Mədəaltı vəzədə insulin sintez edən hüceyrə



Burada protein, insulin olduğu kimi, bəzən sadə nöqtə şəklində göstərilir.

2 Lizozimin ümumi formasını göstərən və şəkilin yuxarı hissəsindəki molekulyar modellərə əsaslanan sadə versiyasını çək.

3 Nə üçün burada insulinin əsl formasını göstərmək vacib deyil?

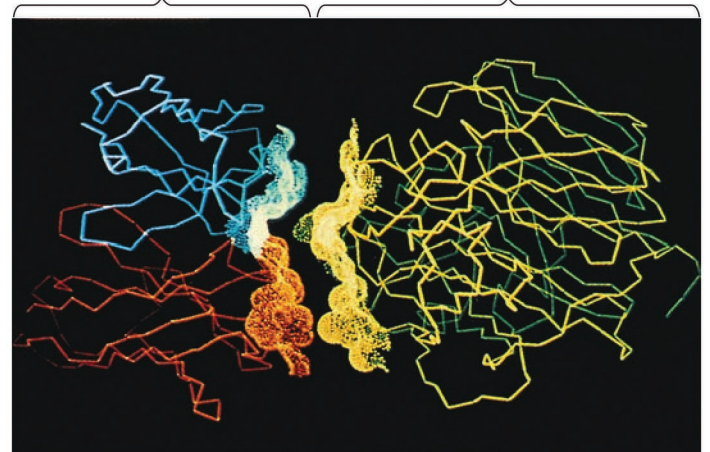
► **Şəkil 5.17 İki protein səthinin forma cəhətdən uzlaşması.** Qrip virusu proteininə (sarı və yaşıl, sağda) bağlanmış anticisim proteininin (göy və narıncı, solda) kompüter modelini yaratmaq üçün Rentgen kristalloqrafiyasından əldə olunan informasiyadan istifadə olunmuşdur. Tel modelində iki proteinin bir-birinə bağlandığı bölgələr dəyişdirilərək "elektron sıxlığı xəritəsi"yə çevrilmiş, kompüter proqramı vasitəsilə proteinlər bir-birindən bir qədər uzaqlaşdırılmışdır.

Protein Strukturunun Dörd Səviyyəsi

Geniş müxtəlifliyinə baxmayaraq, bütün proteinlər üçmərtəbəli struktura malikdir: birincili, ikincili və üçüncülü struktur. Dördüncülü struktur ancaq birdən çox polipeptidi olan proteinlərdə olur. **Şəkil 5.18** bu dörd struktural səviyyəni təsvir edir. Növbəti bölümə keçməzdən əvvəl, bu şəkli diqqətlə nəzərdən keçirin.

Anticisim proteini

Qrip virusu proteini



VİZUAL BACARIQ ► Bu kompüter modelləri iki proteinlə bağlı nəyi görməyə imkan verir?

Xətti aminturşu zənciri



Polipeptid gövdəsinin atomları arasındakı hidrogen rabitələri ilə sabitlənən bölgələr

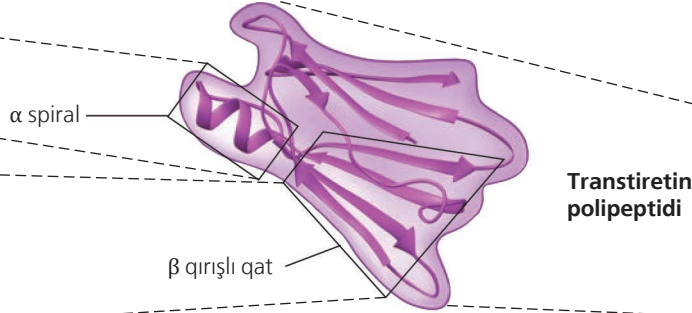


İkincili strukturun digər əsas növü **β qırıqlı qatlardır**. Yuxarıda da göstərildiyi kimi, bu strukturda polipeptid zəncirinin yan-yan yerləşən iki və ya daha artıq seqmenti (bunlara β zənciri də deyilir) polipeptid gövdəsinin iki paralel seqmentləri arasındakı hidrogen rabitələri vasitəsilə bağlanır. Transtiretində olduğu kimi (bax: Üçüncülü Struktur), β qırıqlı qatlar bir çox kürevi proteinin özəyini təşkil edir və hörümçək torunun ipəyi kimi bəzi lifli proteinlərin böyük hissəsini əmələ gətirir. Yüzlərlə, minlərlə hidrogen rabitəsi birlikdə hörümçəyin ipək lifini eyni çəkiyə malik polad kəndirdən daha güclü edir.

80

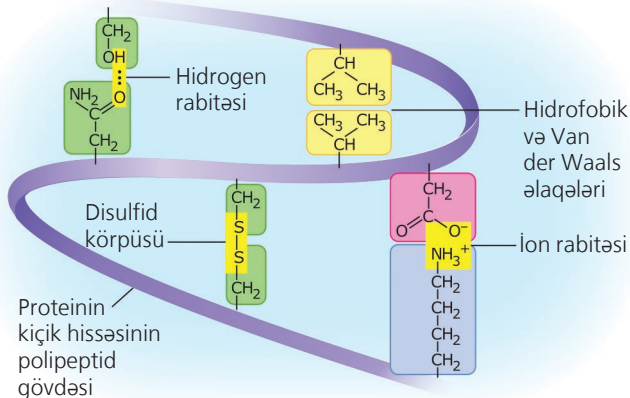
Üçüncülü struktur

Yan zəncirlər arasındakı əlaqələrlə sabitlənən üçölçülü forma



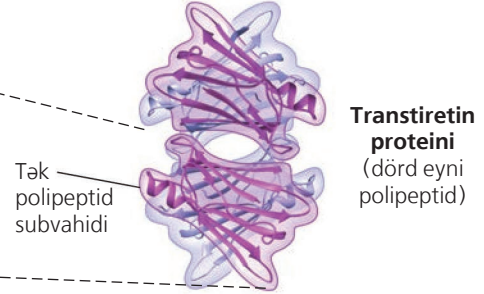
Burada transtiretin polipeptidinin lent modelindəki ikinci strukturunun üzərinə, onun üçüncülü strukturu çəkilmişdir. İkincili struktur gövdə elementləri arasındakı əlaqədən yaranarkən, **üçüncülü struktur** aminturşu yan zəncirlər (R qrupları) arasındakı əlaqədən əmələ gələn ümumi polipeptid formasıdır. Üçüncülü struktura töhfə verən əlaqələrdən biri (adı bir qədər yanıltıcıdır) **hidrofobik əlaqə**dir. Bir polipeptid funksional forma alarkən, hidrofobik (qeyri-polyar) yan zəncirlərə sahib aminturşular adətən sudan uzaqda, proteinin iç tərəflərində yığılırlar. Yəni “hidrofobik əlaqə”, əslində qeyri-polyar maddələrin sudan qaçması nəticəsində yaranır. Qeyri-polyar yan zəncirli aminturşular bir-birinə yaxınlaşdıqda, Van der Waals əlaqələri onları bir arada saxlayır. Bundan əlavə, polyar yan zəncirlər arasındakı hidrogen rabitələri və yüklü (mənfi və ya müsbət) yan zəncirlər arasındakı ion rabitələri üçüncülü strukturun sabilliyində rol oynayır. Hüceyrənin sulu mühitində bütün bu əlaqələr zəifdir, lakin onlar birlikdə proteinə unikal forma verir.

Disulfid körpüsü adlanan kovalent rabitə proteinin formasını daha da möhkəmləndirir. Yan zəncirlərində (Şəkil 4.9) sulfhidril qrupu ($-SH$) olan iki sistein monomeri proteinin bükülməsi ilə bir-birinə yaxınlaşdıqda onların arasında disulfid körpüsü əmələ gəlir. Bir sistein kükürdü başqa bir sistein kükürdü ilə disulfid rabitə ($-S-S-$) yaradaraq proteinin hissələrini bir-birinə pərçimləyir (Şəkil 5.16: lent modelindəki sarı xətlər). Sadalanan müxtəlif növ əlaqələr burada göstərilən xəyali polipeptidin kiçik bir hissəsi üçün təsvir olunduğu kimi, proteinin üçüncülü strukturunda iştirak edə bilər.



Dördüncülü struktur

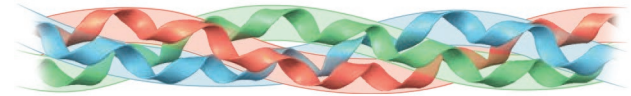
Birdən çox polipeptidin birləşməsi (yalnız bəzi proteinlər)



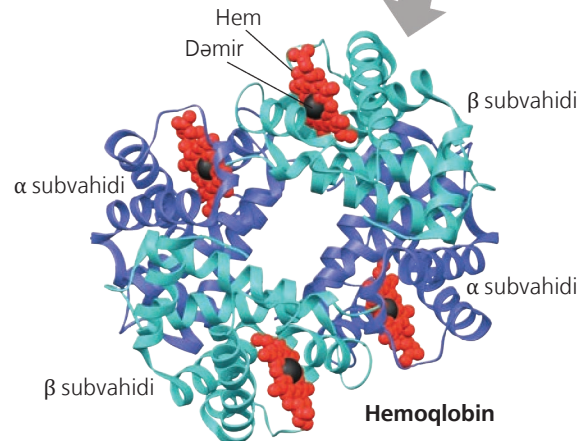
Bəzi proteinlər funksional halda birdən çox polipeptid zəncirindən ibarət olur. **Dördüncülü struktur** bu polipeptid subvahidlərinin bir yerə yığılması nəticəsində əmələ gələn ümumi protein strukturudur. Məsələn, dörd polipeptiddən ibarət bütöv kürevi transtiretin molekulu yuxarıdakı şəkildə təsvir olunmuşdur.

Digər nümunə, üç ədəd eyni spiralvari polipeptidin bir-biri ətrafına dolanmasıyla əmələ gələn qüvvətli kollagen lif proteindir. Dəri, sümük, vətər, liqament və s. vücut hissələrində birləşdirici toxumanın tirləri olaraq işləyən kollagen liflərinin bu strukturu funksiyasına uyğundur. (Kollagen insan bədənindəki bütün proteinlərin 40%-ni təşkil edir).

Kollagen



Qırmızı qan hüceyrələrinin oksigenə daşıyıcı proteini hemoglobin dördüncülü struktura malik kürevi proteinə başqa bir misaldır. Hemoglobin ikisi bir növ (α), digər ikisi isə başqa növ (β) olan dörd ədəd polipeptiddən ibarətdir. α və β subvahidlərinin hər ikisi əsasən α -spiral ikincili strukturundan təşkil olunmuşdur. Hər subvahiddə oksigenlə birləşən dəmir atomlu hem adlı qeyri-polipeptid komponent var.



▼ Şəkil 5.19 Proteində bir aminturşunun yerdəyişməsi oraqvari hüceyrə xəstəliyinə səbəb olur.

	Birincili Struktur	İkincili və Üçüncülü Struktur	Dördüncülü Struktur	Funksiyası	Qırmızı Qan Hüceyrəsinin Forması
Normal hemoqlobin	- Val - His - Leu - Thr - Pro - Glu - Glu	Normal β subvahid	Normal hemoqlobin	Normal hemoqlobin proteinləri bir-birinə bağlanmır, müstəqil şəkildə oksigen daşıyır.	Normal qırmızı qan hüceyrələri hemoqlobin proteinləri ilə dolu olur.
Oraqvari hemoqlobin	- Val - His - Leu - Thr - Pro - Val - Glu	Oraqvari β subvahid	Oraqvari hemoqlobin	Oraqvari hemoqlobin proteinləri arasındakı hidrofobik əlaqə onların lif şəklində yığılmasına səbəb olur; oksigen daşıma qabiliyyəti ciddi şəkildə azalır.	Anormal hemoqlobin lifləri qırmızı qan hüceyrələrini oraq şəklində deformasiyaya uğradır.

ƏLAQƏ QUR ► Valin və qlutamin turşusu (Şəkil 5.14) aminturşularının kimyəvi xassələrini nəzərə alaraq qlutamin turşusu valinlə əvəz olunduqda protein funksiyasında baş verən gözlənilməz təsiri izah edin.

Oraqvari Hüceyrə Xəstəliyi: Birincili Strukturda Dəyişiklik

Birincili (əsas) strukturda baş verən kiçik bir dəyişiklik belə, proteinin forma və funksiyasına təsir edə bilər. Məsələn, irsi qan xəstəliyi olan **oraqvari hüceyrə xəstəliyi** qırmızı qan hüceyrəsinin oksigendəşıyıcı proteini hemoqlobinin birinci strukturunda, altıncı sırada olmalı olan qlutamin turşusunun əvəzinə başqa bir aminturşunun (valin) olması ilə əmələ gəlir. Adi qırmızı qan hüceyrələri disk şəklində ikən, oraqvari hüceyrə xəstəliyində anormal hemoqlobin molekulaları zəncir şəklində bir yerə toplaşmağa meyllidir və bunun nəticəsində bəzi hüceyrələr oraq formasında deformasiyaya uğrayır (Şəkil 5.19). Vaxtaşırı kələ-kötür hüceyrələr incə qan damarlarında yığılıb qan dövranını pozur, xəstədə “oraqvari hüceyrə böhranı”na yol açırlar. Bu insanların çekdiyi əziyyət protein strukturundakı çox kiçik dəyişikliyin belə, necə dağıdıcı nəticələrə gətirib çıxara bildiyinin dramatik nümunəsidir.

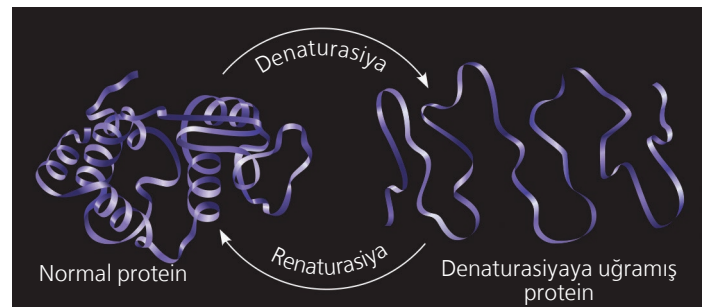
Protein Strukturunu Təyin Edən Nədir?

Proteinin özünəməxsus forması onun funksiyasını təyin edir. Bəs bu formanı təyin edən əsas faktorlar nələrdir? Cavabın böyük qismini bilirsiniz: Aminturşu ardıcılığı verilən hər hansı polipeptidin üçölçülü formasını təxmin etmək mümkündür. Bu üçölçülü forma polipeptidin ikincili və üçüncülü strukturlarını əmələ gətirən qarşılıqlı əlaqələrə əsaslanır. Protein bükülməsi onun sintezi zamanı hüceyrənin başqa minlərlə molekula dolu mühitində, başqa proteinlərin köməyi ilə

baş verir. Lakin proteinin strukturu mühitdəki fiziki və kimyəvi şərtlərdən də asılıdır. Ətrafındakı pH, duz qatılığı, temperatur və digər faktorlar dəyişərsə, protein daxilindəki zəif kimyəvi rabitə və əlaqələr pozular. Nəticədə, protein əsl formasını itirərək açıla bilər: bu proses **denaturasiya** adlanır (Şəkil 5.20). Düzgün formada olmadığı üçün denaturasiya olmuş protein bioloji olaraq aktiv deyildir.

Proteinlərin əksəriyyəti sulu mühitdən efir və ya xloroform kimi qeyri-polyar həlledici maddəyə köçürüldüyü zaman denaturasiyaya məruz qalır. Bu zaman polipeptid zənciri yenidən bükülərək hidrofobik hissələrini xarici tərəfə, həlledici maddəyə doğru yönəltmək istəyir. Digər denaturasiya faktorları arasında proteinin formasını qoruyub saxlamasına kömək edən hidrogen

▼ Şəkil 5.20 Proteinin denaturasiya və renaturasiyası. Yüksək temperatur və ya müxtəlif kimyəvi müdaxilələr proteini denaturasiya edərək, onun formasını və buna bağlı olaraq da funksiyasını itirməsinə səbəb olur. Əgər denaturasiyaya uğramış protein həll olmuş şəkildə qalsa, onun ətraf mühiti kimyəvi və fiziki cəhətdən normal hala döndüyü zaman renaturasiya edə bilər.



rabitələri, ion rabitələri və disulfid körpülərini pozan kimyəvi maddələr vardır. Denaturasiya yüksək istilik nəticəsində də baş verir. İstilik polipeptid zəncirini həddindən artıq çalxalayaraq, proteini stabilləşdirən zəif əlaqələri sındıraraq denaturasiyaya səbəb olur. Bişirilən yumurta ağı ona görə şəffaflığını itirir ki, denaturasiyaya məruz qalmış proteinlər həll olmur və bərkiyir. Bu məfhum, eyni zamanda yüksək qızdırmanın niyə həyatı təhlükə yaratdığını da izah edir: yüksək vücut temperaturunda qandakı proteinlər denaturasiya olurlar.

Bişmiş yumurtanı soyuducuya qoyduqda maye halına geri qayıtmır. Ancaq bəzi hallarda, sınaq şüşəsində istilik və ya kimyəvi maddə təsiri ilə denaturasiya olan protein təsiredici amil uzaqlaşdırıldığı zaman, yenidən funksional formasına qayıda bilər. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, proteinin öz formasını alması üçün lazımı informasiya onun birincili strukturunda mövcuddur; bu mülahizə bir çox kiçik protein üçün doğrudur. Aminturşu ardıcılığı proteinin formasını təyin edir: α spiralın və β qırıqlı qatların harada əmələ gələcəyi, disulfid körpülərinin hansı aminturşular arasında qurulacağı, ion rabitələrin yeri və s. informasiya birincili strukturda var. Bəs hüceyrə daxilində protein bükülməsi necə baş verir?

Hüceyrədə Protein Bükülməsi

Hazırda biokimyəçilərə təxminən 65 milyon protein növü məlumdur və bu rəqəmə hər ay 1.5 milyon əlavə olunur. Bunların arasından 35 000-nin üçölçülü forması bilinməkdədir. Tədqiqatçılar bir sıra proteinin birincili strukturunu ilə üçölçülü strukturunu arasındakı əlaqələri öyrənib protein bükülməsinin qanunauyğunluqlarını kəşf etməyə çalışırdılar. Lakin, təəssüf ki, protein bükülmə prosesinin bu qədər sadə olmadığı ortaya çıxdı. Alimlər əksər proteinin son formaya çatanaqədər, bir neçə struktural ara formadan keçdiyini düşünürlər. Buna görə də proteinin son formasına baxaraq bükülmə mərhələlərini başa düşmək olmur. Lakin biokimyəçilər bu ara mərhələləri izləmək və bu əhəmiyyətli prosesi öyrənmək üçün metodlar inkişaf etdirmişdirlər.

Hüceyrədə polipeptidin səhv bükülməsi ciddi pozuntulara səbəb olur və bu məsələ tibbi tədqiqatların diqqət mərkəzinə yerləşməyə başlamışdır. Sistik fibroz, Alzheimer, Parkinson və “dəli dana” kimi bir çox xəstəlik səhv bükülmüş proteinlərin yığılması nəticəsində əmələ gəlir. Şəkil 5.18-də göstərilən transtiretin proteininin səhv bükülmüş versiyasının demensiya daxil olmaqla, bir sıra başqa xəstəliyə yol açdığı ehtimal olunur.

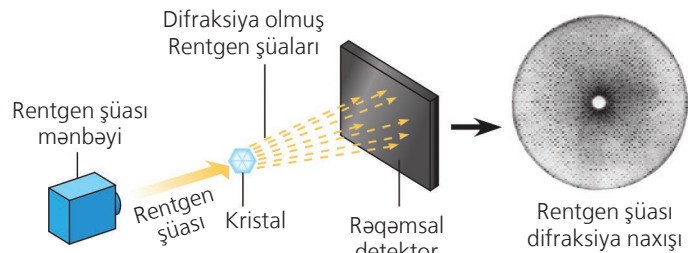
Tək bir protein minlərlə atomdan ibarət olduğu üçün, doğru bükülmüş protein əldə ediləndə belə, onun dəqiq üçölçülü formasını təsvir etmək asan deyil. Proteinin üçölçülü formasını təyin etmək üçün ən çox istifadə olunan metod **Rentgen kristalloqrafiyasıdır**. Bu metod kristallaşmış molekulun atomlarından Rentgen şüalarının difraksiyasına əsaslanır. Alimlər bu metoddan istifadə edərək protein molekulundakı hər bir atomun yerini dəqiqliklə göstərən üçölçülü modellər qura bilirlər (Şəkil 5.21). Nüvə maqnit rezonansı (NMR)

Şəkil 5.21

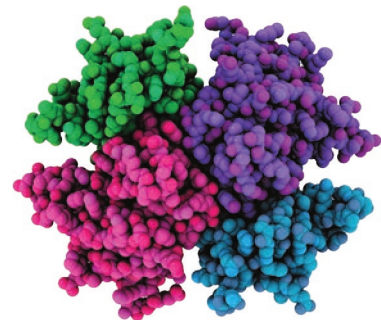
Tədqiqat Metodu Rentgen Kristalloqrafiyası

Tətbiq Alimlər Rentgen kristalloqrafiyasından istifadə edərək, nüklein turşusu və protein kimi makromolekulların üçölçülü (3D) strukturunu təyin edə bilirlər.

Metod Tədqiqatçılar kristallaşmış protein və ya nüklein turşusunun içindən Rentgen şüası keçirir. Kristalın atomları Rentgen şüalarını nizamlı bir şəkildə əyir (difraksiya edərək); rəqəmsal detektor əyilmiş şüaları Rentgen şüası difraksiya naxışı kimi bilinən, nöqtə naxışı şəklində qeydə alır (bunun bir nümunəni aşağıda göstərmişdir).



Nəticə Rentgen şüası difraksiya naxışlarından və kimyəvi metodlarla təyin olunmuş monomer ardıcılığından istifadə edərək makromolekulların 3D kompüter modelini qurmaq mümkündür. Məsələn, buradakı model dörd subvahiddən ibarət transtiretindir (Şəkil 5.18).



spektroskopiyası və bioinformatika (Bəşlik 5.6) protein struktur və funksiyasını başa düşmək üçün tamamlayıcı yanaşmalardır.

Protein strukturunu öyrənməyin nəyə görə çətin olduğunu izah edən sadə bir səbəb var. Artan sayda biokimyəvi tədqiqatlar göstərir ki, bir çox protein və ya proteinin bir hissəsi hədəf protein və digər növ molekullar ilə əlaqəyə girmədiyi müddətcə, seçilən üçölçülü struktur əmələ gətirmir. Onların elastikliyi və strukturlarındakı qeyri-müəyyənlik funksiyalarının əhəmiyyətli parçasını təşkil edir. Güman ki, bu xassə onların fərqli zamanlarda fərqli hədəflərə bağlanması üçün lazımdır. Ehtimal olunur ki, *təbiətcə dağınıq protein* adı verilən bu proteinlər məməli heyvanlarda bütün proteinlərin 20-30%-ini təşkil edir. Hal-hazırda bu mövzu elmi tədqiqatların diqqət mərkəzində yer alır.

YOXLAMA 5.4

1. Polipeptidin hansı hissələri proteinin ikincili strukturunu bir arada tutur? Bəs dördüncülü struktur saxlayan nədir?
2. İndiyədək yunan əlifbasının α və β hərfləri ən azı üç cüt strukturunu ifadə etmək üçün istifadə olunmuşdur. Bunlar hansılardır? Hər birini qısaca təsvir edin.
3. **ƏGƏR** ➤ Polipeptidin valin, leysin və izoleysin aminturşuları ilə zəngin bölgəsi bükülmüş polipeptiddə harada yerləşər? İzah edin.

BAŞLIQ 5.5

Nuklein turşuları irsi informasiyanı daşıyan, ekspressiyasını təmin edən və gələcək nəsillərə ötürən molekulardır

Polipeptidin birincili strukturu proteinin formasını təyin edirsə, bəs birincili strukturu təyin edən nədir? Polipeptidin aminturşu ardıcılığını **gen** adlanan irsiyyət vahidləri proqramlaşdırır. Gen nuklein turşusu qrupunun üzvü olan DNA-dan ibarətdir. **Nuklein turşusu** isə nukleotid monomerlərindən əmələ gələn polimerdir.

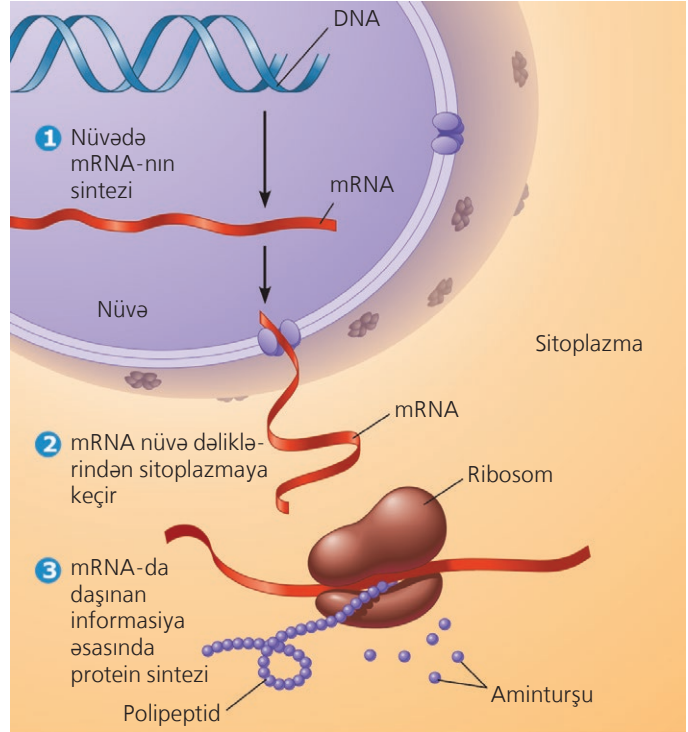
Nuklein Turşusunun Rolu

Nuklein turşularının iki növü, **dezoksiribonuklein turşusu (DNA)** və **ribonuklein turşusu (RNA)** canlı orqanizmlərin malik olduğu mürəkkəb komponentlərin bir nəsilə digərinə ötürülərək yenidən yaradılmasını təmin edir. Molekullar arasında unikal yer tutan DNA öz çoxalma prosesini yönləndirmək qabiliyyətinə sahibdir. DNA, eyni zamanda RNA sintezini və bu RNA vasitəsilə protein sintezini də idarə edir. Bu iki addım birlikdə **gen ekspressiyası** prosesini təşkil edir (**Şəkil 5.22**).

DNA orqanizmin valideynlərindən miras aldığı genetik materialdır. Hər bir xromosom bir ədəd uzun DNA ehtiva edir və yüzlərlə gen daşıyır. Hüceyrə ikiye bölünüb çoxalarkən, DNA molekulalarının sürəti çıxarılır və növbəti nəsle ötürülür. Hüceyrənin bütün fəaliyyətini proqramlaşdıran informasiyasının yazıldığı yer DNA-nın strukturudur. Lakin necə ki, kompüter proqramı öz-özünə bir məhsul üzərindəki barkodu oxuya bilmir, eləcə də DNA birbaşa hüceyrəvi əməliyyatları həyata keçirmir. Barkodun oxunması üçün skaner lazım olduğu kimi, genetik proqramları da həyata keçirmək üçün proteinlərə gərək var. Hüceyrənin iş görən avadanlığı — yəni bioloji funksiyaları həyata keçirən alətləri — əsasən proteinlərdir. Məsələn, qırmızı qan hüceyrəsində oksigen daşıyan, daha əvvəl də gördüyünüz hemoqlobin proteinidir (**Şəkil 5.18**), onun spesifik strukturunu təyin edən DNA deyil.

Bəs genetik informasiyanın DNA-dan proteinə doğru axışında, yəni gen ekspressiyası prosesində nuklein turşularının digər növü olan RNA hansı rol oynayır? DNA molekulu üzərindəki genlər *məlumat* RNA-sı (mRNA) istehsalını idarə edir. mRNA molekulu hüceyrənin protein istehsal edən qurğusu ilə əlaqəyə girərək polipeptidin istehsalını idarə edir; polipeptid büküldükdən sonra proteinin bir hissəsini, yaxud da bütününü əmələ gətirə bilər. Genetik informasiyanın axımını bu ardıcılıqla ifadə etmək olar: DNA→RNA→protein (**Şəkil 5.22**). Protein sintezinin aparıldığı yer ribosom adlı strukturdur. Eukariot hüceyrələrdə ribosomlar nüvə ilə plazma membranı arasındakı bölgə olan sitoplazmada və daxili membranların üzərində yerləşərkən, DNA nüvə içində yerləşir. Məlumat RNA-sı genetik protein

✓ **Şəkil 5.22 Gen ekspressiyası: DNA → RNA → protein.** Eukariot hüceyrənin nüvəsindəki DNA, məlumat RNA-sının (mRNA) sintezi vasitəsilə sitoplazmadakı protein sintezini idarə edir.



sintezi üçün təlimatları nüvədən sitoplazmaya daşıyır. Prokariot hüceyrədə nüvə olmasa da, məlumatı DNA-dan ribosomlara, oradan isə digər hüceyrəvi qurğulara daşımaq üçün yenə də mRNA-dan istifadə edilir. Kitabın sonrakı hissələrində yeni kəşf olunmuş RNA molekulaları və onların funksiyaları haqda öyrənəcəksiniz. Bu RNA-ların sintezini idarə edən DNA hissələri də gen sayılır (**Başlıq 18.3**).

Nuklein Turşu Komponentləri

Nuklein turşusu **polinukleotid** adlanan, polimer formasında makromolekuldur (**Şəkil 5.23a**). Adından da məlum olduğu kimi, polinukleotid **nukleotid** monomerlərindən ibarətdir. Ümumiyyətlə, nukleotid üç hissədən ibarətdir: beşkarbonlu şəkər (pentoz), azot ehtiva edən (azotlu) əsas və sayları bir ilə üç arasında dəyişən fosfat qrupu (**Şəkil 5.23b**). Polinukleotid istehsalında istifadə olunan ilkin nukleotiddə üç fosfat qrupu olur, ancaq polimerizasiya prosesində bunların ikisi qopur. Nukleotidin heç bir fosfat qrupu olmayan hissəsinə *nukleozid* deyilir.

Nukleotid strukturunu başa düşmək üçün ilk öncə azotlu əsasın strukturunu öyrənməliyik (**Şəkil 5.23c**). Azotlu əsas bir və ya iki azot atomu ehtiva edən halqaya malikdir. (Bunların azotlu əsas adlandırılmasının səbəbi azot atomlarının məhluldan H⁺ götürməyə meyilli olması, yəni qələvi kimi davranmalarıdır). İki növ azotlu əsas mövcuddur: pirimidin və purin. **Pirimidin** bir ədəd altı elementli

karbon halqasına və azota malikdir. Bu sinfin üzvləri bunlardır: sitozin (C, ing. *cytosine*), timin (T) və urasil (U). **Purinlər** daha böyükdür: bir ədəd altı elementli halqa ilə bir ədəd beş elementli halqa birləşmişdir. Purinlər adenin (A) və qvanin (G, ing. *guanine*) əsaslarıdır. Əsaslar halqalarına qoşulan kimyəvi qrupları ilə fərqlənilir. Adenin, qvanin və sitozin həm DNA, həm də RNA molekulalarında olduğu halda, timin yalnız DNA, urasil isə yalnız RNA molekulunda var.

İndi isə, bu azotlu əsaslara şəkər əlavə edək. DNA-da şəkər **dezoksiriboz**, RNA-da isə **riboz** molekuludur (Şəkil 5.23c). Bu şəkərlər arasındakı tək fərq, dezoksiriboz halqasının ikinci karbonunda bir oksigen atomunun əskik olmasıdır. Adı da buradan qaynaqlanır: *dezoksiriboz*.

İndiyədən azotlu əsas ilə şəkərdən ibarət olan nukleozidi təsvir etdik. Nukleotidi tamamlamaq üçün şəkərin 5' (şəkərlərin karbon nömrəsində apostrof işarəsi qoyulur, Şəkil 5.23b) karbonuna bir ilə üç arasında fosfat qrupu əlavə etməliyik. Bir fosfatlı olan versiyanın adı nukleozid monofosfat, daha çox bilinən adı isə nukleotiddir.

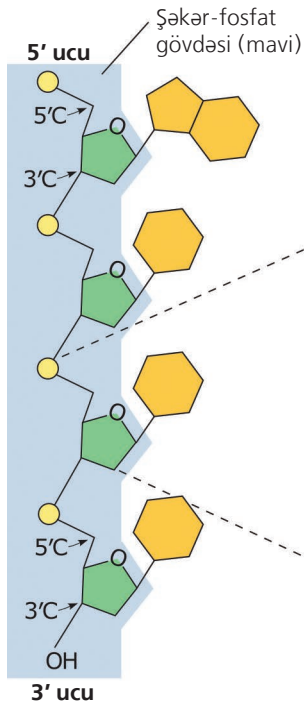
Nukleotid Polimerləri

Nukleotidlər dehidrasiya reaksiyası nəticəsində polinukleotidə çevrilir. (Bu mövzu haqqında daha ətraflı

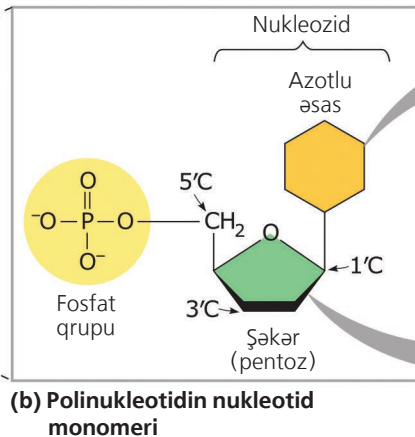
məlumat Başlıq 16.2-də verilmişdir). Polinukleotidin yanaşı nukleotidləri bir-birinə iki nukleotid şəkəri arasında körpü quran fosfat qrupundan ibarət fosfodiester rabitəsi ilə qoşulur. Bu bağlanma ilə *şəkər-fosfat gövdəsi* adlı struktur yaranır (Şəkil 5.23a). (Əsasların gövdədə olmadığına diqqət edin). Polimerin iki sərbəst ucu bir-birindən açıqca fərqlənir. Bir uca 5' karbona bağlı fosfat qrupu varkən, digər uca 3' karbona qoşulmuş hidroksil qrupu mövcuddur. Bu uclara müvafiq şəkildə 5' *ucu* və 3' *ucu* deyilir. Birtərəfli küçə kimi, polinukleotidin də yönünün şəkər-fosfat gövdəsi boyu 5'-dən 3'-ə doğru olduğunu deyə bilərik. Əsaslar isə şəkər-fosfat gövdəsi boyunca düzülür.

DNA və ya mRNA polimeri boyu sıralanan azotlu əsas ardıcılığı hər gen üçün unikaldir və hüceyrəyə çox spesifik informasiyanı təmin edir. Genlər minlərlə nukleotiddən ibarət olduğu üçün mümkün olan fərqli nukleotid ardıcılığı effektiv olaraq sonsuzdur. Genin daşdığı informasiya onun özünəməxsus dörd DNA əsasıdan ibarət ardıcılığında gizlidir. Məsələn, 5'-AGGTAAGTT-3' ardıcılığı bir mənaya gələrkən, 5'-CGCTTAAC-3' ardıcılığı tamamilə başqa mənə daşıyır. (Aydın ki, həqiqi genlər dafələrlə uzundur). Gendəki nukleotidlərin xətti sırası aminturşu ardıcılığı olan proteinin birincili strukturunu, o isə öz növbəsində proteinin üçölçülü strukturunu müəyyənləşdirərək, genin hüceyrədəki funksiyasını təyin edir.

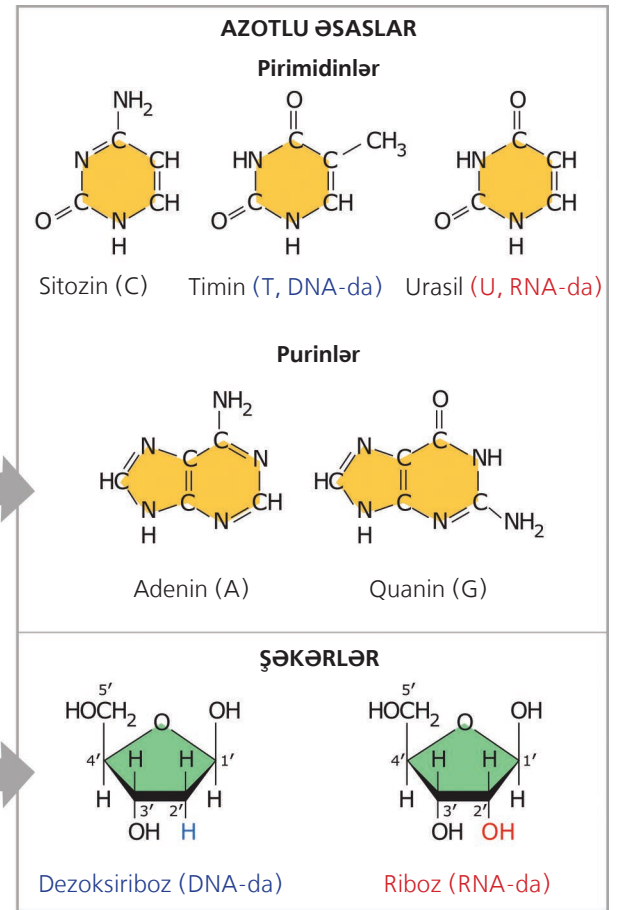
▼ **Şəkil 5.23 Nuklein turşusunun komponentləri.** (a) Polinukleotidin şəkər-fosfat gövdəsi və müxtəlif azotlu əsaslardan ibarət çıxıntıları olur. (b) Polinukleotiddə hər nukleotid monomeri azotlu əsas, şəkər və fosfat qrupu ehtiva edir. Şəkərdəki karbon nömrələrinin ştrixlənməsinə (') nəzər yetirin. (c) Nukleozid azotlu əsas (purin və ya pirimidin) və beşkarbonlu şəkər (dezoksiriboz və ya riboz) ehtiva edir.



(a) Polinukleotid və ya nuklein turşusu

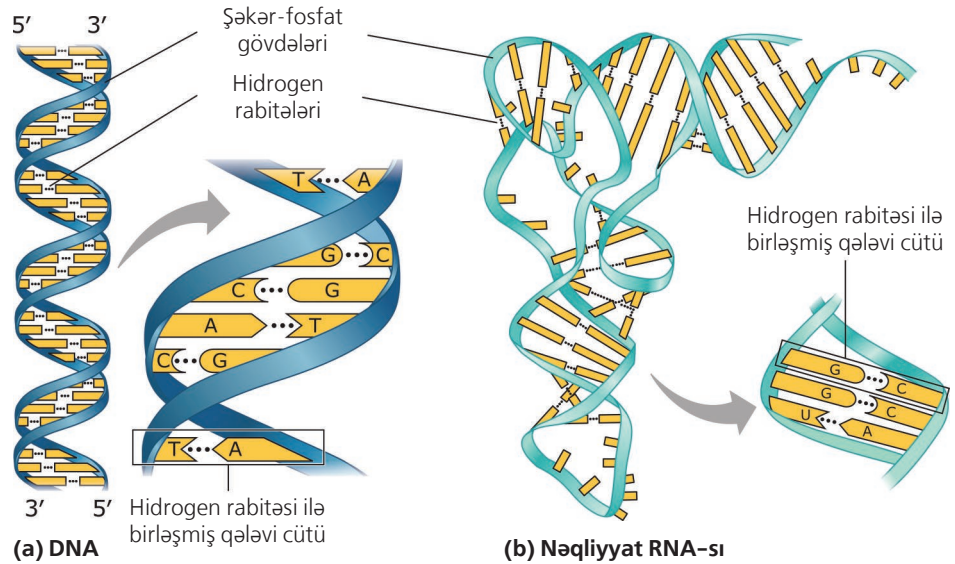


(b) Polinukleotidin nukleotid monomeri



(c) Nukleozid komponentləri

► **Şəkil 5.24 DNA və tRNA molekullarının strukturu.** (a) DNA çox vaxt qoşa spiral formasını alır. Qoşa spiral kənarları şəkər-fosfat gövdələrinin əmələ gətirdiyi bir-birinə antiparalel yerləşən polinukleotid zəncirlərindən (mavi lent) ibarətdir. Azotlu əsas cütü arasında hidrogen rabitəsi iki zənciri bir yerdə saxlayır. Burada simvolik strukturlar ilə göstəriləndə, adenin (A) yalnız timin ilə (T), qüanin (G) isə yalnız sitozin ilə (C) cütləşə bilər. Buradakı hər DNA zənciri Şəkil 5.23a-dakı polinukleotidin struktural bənzəridir. (b) tRNA-nın müəyyən antiparalel hissələri cütləşdiyi üçün, molekul L hərfinə bənzəyir. RNA-da A, U ilə cütləşir.



DNA və RNA Molekullarının Strukturu

DNA xəyalı ox ətrafında burulan iki polinukleotid zəncir, yəni **ikiqat spiral** şəklində molekuldur (**Şəkil 5.24a**). İkitərəfli avtomobil yolu kimi, bu iki şəkər-fosfat gövdəsi də bir-birinə əks yöndədir və buna **antiparalel** yerləşmə deyilir. Şəkər-fosfat gövdəsi spiralın kənar hissəsində yerləşir. Azotlu əsaslar isə spiralın iç hissəsində bir-biriləri ilə cütlüklər əmələ gətirirlər. Cütləşən əsaslar arasındakı hidrogen rabitələri bu iki zənciri bir yerdə saxlayır (Şəkil 5.24a). DNA molekullarının əksəriyyəti minlər, hətta milyonlarla əsas cütü uzunluğundadır. Eukariot xromosomunu təşkil edən tək, uzun DNA zənciri hər biri DNA-nın fərqli bölgələrində yerləşən çoxsaylı genləri daşıyır.

İkiqat spiralın əsasları ancaq müəyyən qaydaya əsasında bir-birilə cütləşə bilirlər. Bir zəncirin adenini (A) həmişə digər zəncirin timini (T) ilə, qüanin (G) isə həmişə sitozin (C) ilə cütləşir. Beləcə, bir zəncir boyunca düzülmüş əsas ardıcılığını oxuyaraq, digər zəncirdəki əsas ardıcılığını təxmin etmək mümkündür. Bu əsas cütləşməsi qaydasına görə, əgər zəncirin bir hissəsindəki ardıcılıq 5'-AGGTCCTG-3' şəklindədirsə, əks-zəncirin müvafiq hissəsindəki ardıcılıq 3'-TCCAGGC-5' şəklində olmalıdır. İkiqat spiralın iki zənciri **komplementardır**, yəni biri digərinin təxmin oluna bilən qarşılığıdır. Bölünməyə hazırlaşan hüceyrənin sahib olduğu hər bir DNA-nın dəqiqliklə surətini çıxarmaq qabiliyyəti məhz DNA-nın bu xassəsinə əsaslanır. Hüceyrə bölündüyü zaman, çıxarılan sürətlər bala hüceyrələrə paylanır; beləcə, genetik olaraq valideyn hüceyrə ilə eyni hüceyrələr əmələ gəlir. Hüceyrə çoxalma prosesində DNA-nın strukturu genetik informasiya ötürmə funksiyasına imkan yaradır.

RNA molekulu isə əksinə, tək zəncirlidir. Buna baxmayaraq, iki RNA molekulu, hətta eyni molekulun iki fərqli hissəsi arasında komplementar əsas cütləşməsinin əmələ gəlməsi mümkündür. RNA molekulunun daxili cütləşməsi bəzi molekulların funksiyası gərəyi zəruri üçölçülü formanı alması üçün önəmlidir. Məsələn, poli-

peptid sintezində aminturşuları ribosoma gətirən RNA-nın bir növü olan **nəqliyyat RNA-sına** (tRNA, ing. *transfer RNA*) nəzər yetirək. Bir tRNA molekulu təxminən 80 nukleotid uzunluğundadır. Komplementar hissələrin anti-paralel şəkildə yan-yanə gələ bildiyi yerlərdə nukleotid cütləşməsi nəticəsində, rRNA-nın işlək forması əmələ gəlir (**Şəkil 5.24b**).

RNA-da adenin (A) ilə urasil (U) əsasla cütləşdiyinə və timinin (T), ümumiyyətlə mövcud olmadığına diqqət yetirin. RNA ilə DNA arasındakı digər bir fərq isə, DNA-nın, demək olar ki, hər zaman ikiqat spiral şəklində olması, RNA formasının isə dəyişməyidir. RNA hərtərəfli molekuldur və buna görə də bir çox biolog düşünür ki, canlı həyatın ilkin formalarında genetik informasiya daşıyıcısı DNA deyil, RNA idi (Başlıq 25.1).

YOXLAMA 5.5

1. **TƏSVİR ET** ► Şəkil 5.23a-da ən üstəki üç nukleotidin şəkərlərindəki bütün karbonları nömrələyin, azotlu əsasları dairəyə alın, fosfatları isə ulduz ilə işarələyin.
2. **TƏSVİR ET** ► DNA ikiqat spiralının bir hissəsinin zəncirinin azotlu əsas ardıcılığı belədir: 5'-TAGGCCT-3'. Ardıcılığı başqa bir yerə köçürüb altına komplementar zəncirini yazın və 5' və 3' uclarını aydın şəkildə işarələyin.

BAŞLIQ 5.6

Genomika və proteomika biologiyada araşdırma və tətbiqi fundamental şəkildə dəyişdirmişdir

İyirminci əsrin birinci yarısında aparılan təcrübələr nəsil-dən-nəslə ötürülən, hüceyrə və orqanizmlərin funksiyasını təyin edən genetik informasiya daşıyıcısı olan maddənin DNA olduğu sübut etdi. 1953-cü ildə DNA strukturunun kəşf edilib nukleotid ardıcılığının proteindəki aminturşu ardıcılığını təyin etdiyi aydın-

laşdıqdan sonra, bioloqlar nukleotid ardıcılığını (əsas ardıcılığı daha geniş istifadə olunan termindir) öyrənərək genləri “deşifrəlməyə” başladılar.

DNA zəncirinin nukleotid ardıcılığını tək-tək təyin edən kimyəvi metod olan DNA *ardıcillaması* (ing. *DNA sequencing*) 1970-ci illərdə icad edilmişdir. Alimlər genləri bir-bir öyrənməyə başladılar və öyrəndikcə sualları da çoxaldı: Gen ekspressiyası necə tənzimlənir? Aydın idi ki, gen ilə onun protein məhsulu əlaqəli idi, ancaq bunu necə edirdilər? Genə daxil olmayan DNA bölgələrinin, əgər varsa, funksiyası nədir? Bir canlı orqanizmin genetik aparatını tam başa düşmək üçün bütün DNA kompleksinin tam ardıcılığı lazım idi. Həyata keçirilməsi çox çətin görünsə də, bir sıra görkəmli biolog 80-ci illərdə bu iddialı ideyanı ortaya atdı: insanın bütün genomunu, 3 milyard nukleotid sırasını ardıcillamaq. Bu nəhəng layihə 1990-cı ildə başladı və 2000-ci illərin əvvəlində effektiv bir şəkildə bitdi.

İnsan Genom Layihəsinin (ing. *Human Genome Project*) planlanmamış, ancaq böyük yan təsiri daha sürətli və ucuz ardıcillama metodlarının inkişafı olmuşdur. Bu gedişat davam etməkdədir: 2001-ci ildə 1 milyon nukleotidlik ardıcılığın çıxarılması \$5 000-dan çox ikən, 2016-cı ildə bu rəqəm \$0.02-dən az idi. İlk insan genomunun ardıcillanması 10 ildən çox vaxt alırdısa, indi bunu bir neçə gündə tamamlamaq mümkündür (**Şəkil 5.25**). Sürətlə artan tam şəkildə ardıcillanmış genomların sayı bioinformatika elminin inkişafına böyük təkan vermişdir. **Bioinformatika** kompüter proqramı və hesablama vasitələrinin istifadəsi ilə böyük informasiya toplusunu idarə edən və anlamağa çalışan sahədir.

Bu inkişafın yaratdığı zəlzələ biologiya və əlaqəli sahələrin köklü şəkildə dəyişməsinə gətirib çıxarmışdır. Hal-hazırda bioloqlar tez-tez **genomika** adlanan yanaşma vasitəsilə fərqli növlərə aid çox sayda geni, hətta bütün genomları müqayisə edərək, suallara cavab tapmağa çalışırlar. Bənzər yanaşma proteinlərə də tətbiq olunur: **Proteomika** sahəsi çox sayda proteini və ardıcılıqlarını analiz edir. (Protein ardıcılıqları biokimyəvi metodlar vasitəsilə əldə oluna biləcəyi kimi, proteini kodlayan DNA ardıcılığının tərcüməsi ilə də əldə oluna bilər). Bu yanaşmalar biologiyanın bütün sahələrinə təsir göstərmişdir. **Şəkil 5.26**-da bunun bəzi nümunələri verilmişdir.

Genomika və proteomika tədqiqatlarının biologiya elmi üzərindəki ən böyük təsiri, bəlkə də təkamül anlayışına verdiyi yeni töhfələr olmuşdur. Genomika fosil

və yaşayan növlər üzərindəki tədqiqatlardan öyrənilən təkamül nəticələrini təsdiq etməklə yanaşı, əvvəlki dəlillərlə aydınlaşdırılmamış müxtəlif orqanizm qrupları arasındakı əlaqəni də yenidən gözdən keçirərək, təkamül tarixinin başa düşülməsinə kömək etmişdir.

DNA və Proteinlər Təkamülün Ölçü Vahidi Kimi

TƏKAMÜL Əksəriyyət tərəfindən qəbul edilir ki, canlıların ortaq xassələri onların ortaq əcdadları olduğunu göstərir. Məsələn, məməli heyvanlar tük və süd vermək kimi ortaq xassələrə malikdirlər. DNA irsi informasiyanı genlər şəklində daşıdığı üçün genə və onun məhsulu proteinə aid ardıcılıqlar orqanizmin irsi keçmişi haqda bir növ sənədlərdir. DNA molekulundakı nukleotidlərin xətti ardıcılığı ata və anadan uşağa ötürülür. Bu ardıcılıqlar proteinlərin aminturşu ardıcılığını təyin edir. Nəticədə, bacı, qardaş kimi yaxın qohumların DNA və proteinləri, o növə aid daha uzaq qohumlarına nisbətən bir-birinə daha oxşardır.

Canlı təbiətin təkamülü nəzəriyyəsinə əsaslanaraq, bu “molekulyar genealogiya” (nəsil ağacı) anlayışını növlərə-rası qohumluq əlaqələri üçün də istifadə etmək mümkündür. Anatomik dəlillər (buna fosil dəlilləri də əlavə oluna bilər) əsasında, yaxın qohum olduğu iddia olunan iki növün, DNA və protein ardıcılıqlarının da uzaq növlərə nisbətən daha çox bənzərlik daşıyacağını təxmin etmək olar. Nəticələr bu iddianı təsdiqləyir. Buna nümunə olaraq insan hemoglobininə aid β polipeptid zəncirinin digər onurğalılardakı müvafiq hemoglobin polipeptidi ilə müqayisəsini göstərmək olar. Bu 146 aminturşuluq zəncirdə insan və qorilla arasında yalnız bir aminturşu fərq vardır; insan ilə qurbağa və digər uzaq növlərə aid polipeptidin fərqi isə 67 aminturşudur. **Elmi Bacarıq Məşğələsində** bununla əlaqəli məsələlər həll edə bilərsiniz. Bu nəticəni genomu bütünlükdə müqayisə edərkən də əldə etmək mümkündür: İnsan genomu ilə şimpanzeninki 95-98% eyni ikən, daha uzaq təkamül qohumu olan siçan ilə bu rəqəm 85%-ə enir. Molekulyar biologiya alimlər üçün təkamül qohumluqlarını ölçə biləcəkləri yeni bir xətkəş kəşf etmişdir.

Genom ardıcılıqlarını qarşılaşdırmağın praktik tərəfi də var. **Məsələ Həlli Məşğələsində** bu cür genom analizi yolu ilə bazar fırıldığını necə tapa biləcəyinizi görə bilərsiniz.

YOXLAMA 5.6

1. Orqanizmin bütün genomunu ardıcillamaq onun funksiyasını başa düşmək baxımından alimlərə necə kömək edə bilər?
2. DNA-nın hansı funksiyası yerinə yetirdiyini nəzərə alsaq, nəyə görə oxşar xüsusiyyətlərə malik iki növün oxşar genoma sahib olacağını təxmin etmək olar?



Şəkil 5.25 Müasir dövrdə avtomatik DNA ardıcillama texnologiyası və güclü kompüterlər vasitəsilə gen və genomları sürətlə ardıcillamaq mümkündür.

Genomika və Proteomikanın Biologiya Elminə Töhfələri

Texnologiya və informasiya emalı sahəsindəki inkişaf nəticəsində nukleotid ardıcillanması, nəhəng gen və protein qruplarının analizi sürətlə və ucuz şəkildə həyata keçirilir. Ümumilikdə genomika və proteomika biologiyasının müxtəlif sahələrinə böyük töhfələr vermişdir.



Paleontologiya

Yeni DNA ardıcillama metodları nəslə kəsilmiş əcdadımız olan Neandertalların (*Homo neanderthalensis*) qədim toxumalarından tapılmış cüzi miqdarda DNA-nı dəşifrələməyə kömək etmişdir. Neandertal genomunun ardıcillanması onların fiziki görünüşü (bu rekonstruksiyadakı kimi) və müasir insanla əlaqəsi haqqında məlumat verir. (Şəkil 34.51 və 34.52.)



Təkamül

Təkamül biologiyasının əsas məqsədi yaşayan və nəslə kəsilmiş növlər arasındakı əlaqələri aşkar etməkdir. Məsələn, genom ardıcillığının müqayisəsi nəticəsində quru məməlisi olan begemotun balinalarla yaxın qohum olduğu ortaya çıxmışdır (Şəkil 22.20).



Begemot



Qısaüzgəc qırd

Mühafizə Biologiyası

Ədliyyə ekoloqları qanunsuz bitki istifadəsi və heyvan ovunu aşkar etmək üçün genomika və molekulyar biologiyasının üsullarından getdikcə daha çox istifadə edirlər. Məsələn, qanunsuz fil dişi yükündən əldə olunan DNA-nın genomik ardıcillığı brakonyerlərin ov etdikləri ərazini və şəxsləri tapmaq üçün istifadə edilmişdir (Şəkil 56.9).



Tibb Elmləri

Xərçəng kimi insan xəstəliklərinin genetik əsaslarının araşdırılması tədqiqatçılara yeni müalicə metodlarını inkişaf etdirmək üçün yön verir. Bir növ "fərdiləşdirilmiş tibb" yanasması hesab edilən, xəstədən götürülmüş şışdə ekspressiya olan gen dəstlərinin ardıcillığının çıxarılaraq, xəstənin xəstəliyinə müalicə tapmağa çalışan konkret hədəfli metodlar daha ümidverici görünür (Şəkil 12.20 və 18.27).



Növlərin Qarşılıqlı Əlaqəsi

Bitkilərin çoxu köklərindəki göbələk və bakteriyalarla qarşılıqlı faydalı əlaqədə yaşayırlar. Bu qarşılıqlı əlaqə bitkinin inkişafına kömək edir. Genom ardıcillama və gen ekspressiyası analizləri bitki ilə birlikdə yaşayan icmaların xarakterizə olunmasına imkan yaradır. Belə tədqiqatlar bu əlaqələrin öyrənilməsinə kömək edir və gələcəkdə aqrar sənayeyə yeniliklər gətirə bilər. (Fəsil 31 Elmi Bacarıq Məşğələsi və Şəkil 37.11).



ƏLAQƏ QUR > Genomika və proteomika tədqiqatçılara müxtəlif bioloji suallara cavab tapmaqda necə köməklik edir? Burada verilən nümunələr əsasında izah edin.

ELMİ BACARIQ MƏŞĞƏLƏSİ

Polipeptid Ardıcılığı Datasının Analizi

İnsana Rezus Meymunu Daha Yaxındır, Yoxsa Hibbon? Məşğələdə β-qlobin adlanan, hemoqlobinin β polipeptid zəncirinin aminturşu ardıcılığını analiz etməli və rezus meymunu ilə hibbonun insanla qohumluğuna dair fərziyyə ilə sürməlisiniz.

Belə Təcrübələr Necə Aparılır? Maraqlı dairəndəki polipeptidi orqanizmdən saflaşdırıb aminturşu ardıcılığını təyin etmək mümkündür, lakin adətən müvafiq gen əldə olunduqdan sonra DNA ardıcilları və buradan aminturşu ardıcılığı çıxarılır.

Təcrübə Datası Aşağıdakı data insan, rezus meymunu və hibbonun götürülmüş β-qlobinlərin 146 aminturşuluq ardıcılıqlarını göstərir. Bütün

→ İnsan



→ Rezus meymunu



→ Hibbon



töv ardıcılığı tək bir sətərə yerləşmədiyindən, üç parçaya bölünmüşdür. Ardıcılıqların müqayisəsini asanlaşdırmaq üçün hamısı cərgələnmişdir. Məsələn, hər üç növdə ilk aminturşunun V (valin), 146-cı aminturşunun isə H (histidin) olduğunu görə bilərsiniz.

DATANI ŞƏRH ET

1. Rezus meymunu və hibbonun ardıcılıqlarını hərfbəhərf müqayisə edərək, üst-üstə düşməyən aminturşuları dairəlayın. (a) İnsan və rezus meymunu ardıcılıqları arasında neçə aminturşu fərqi var? (b) Bəs hibbon və insan arasındakı fərq nə qədərdir?
2. Meymun növlərində neçə faiz aminturşu insanın β-qlobin ardıcılığı ilə eynidir?

3. Sadəcə dataya əsaslanaraq, bu iki növdən hansının insana daha yaxın olduğu haqda hipotez irəli sürün. Cavabınızı necə əsaslandırardınız?
4. Hipotezi dəstəkləmək üçün başqa hansı dəlillərdən istifadə edərdiniz?

Data mənbəyi:

İnsan: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/AAA21113.1>;
Rezus meymunu: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/122634>;
Hibbon: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/122616>

Növ	Cərgələnmiş β-qlobin aminturşu ardıcılıqları					
İnsan	1	VHLTPEEKSA	VTALWGKVVN	DEVGGEALGR	LLVVPWTQR	FFESFGDLST
Meymun	1	VHLTPEEKNA	VTTLWGKVVN	DEVGGEALGR	LLLVPWTQR	FFESFGDLSS
Hibbon	1	VHLTPEEKSA	VTALWGKVVN	DEVGGEALGR	LLVVPWTQR	FFESFGDLST
İnsan	51	PDVAVMGPNKV	KAHGKKVLGA	FSDGLAHLN	LKGTFAQLSE	LHCDKLHVPD
Meymun	51	PDVAVMGPNKV	KAHGKKVLGA	FSDGLNHLN	LKGTFAQLSE	LHCDKLHVPD
Hibbon	51	PDVAVMGPNKV	KAHGKKVLGA	FSDGLAHLN	LKGTFAQLSE	LHCDKLHVPD
İnsan	101	ENFRLLGNVL	VCVLAHHFGK	EFTPPVQAAY	QKVVAGVANA	LAHKYH
Meymun	101	ENFKLLGNVL	VCVLAHHFGK	EFTPVQAAY	QKVVAGVANA	LAHKYH
Hibbon	101	ENFRLLGNVL	VCVLAHHFGK	EFTPVQAAY	QKVVAGVANA	LAHKYH

MƏSƏLƏ HƏLLİ MƏŞĞƏLƏSİ

Siz də balıq fırlıdaqçılığının qurbanısınız?

Bəlkə də qızılbalıq alarkən Atlantik qızılbalığının (*Salmo salar*) əvəzinə, daha bahalı, Sakit okean qızılbalığına (*Oncorhynchus* növü) üstünlük verirsiniz, amma tədqiqatlar göstərir ki, təxminən 40% ehtimalla pulunu ödədiyiniz balığı almırsınız!

Bu məşğələdə qızılbalığın həqiqi olub-olmadığını araşdırmalısınız.

Yanaşmanız Araşdırmanızdakı rəhbər prinsip, növdaxili və ya yaxın əlaqəli növlərin DNA ardıcılığının uzaq əlaqəli növlərə nisbətən, bir-birinə daha oxşar olmasıdır.

Datanız Kijuc balığı (*Oncorhynchus kisutch*) etiketi daşıyan qızılbalıq aldığınızı təsəvvür edin. Balığın həqiqi kijuc olub-olmadığını təyin etmək üçün məhsuldan götürülən qısa DNA ardıcılığını üç qızılbalıq növünün eyni genlərinin standart ardıcılığı ilə müqayisə etməlisiniz. Ardıcılıqlar belədir:

<i>O. kisutch</i> (kijuc) kimi işarələnmiş nümunə		5' –CGGCACCGCCCTAAGTCTCT–3'
Standart ardıcılıqlar	<i>O. kisutch</i> (kijuc)	5' –AGGCACCGCCCTAAGTCTAC–3'
	<i>O. keta</i> (keta)	5' –AGGCACCGCCCTGAGCCTAC–3'
	<i>Salmo salar</i> (Atlantik qızılbalığı)	5' –CGGCACCGCCCTAAGTCTCT–3'

- Analiz**
1. Standart ardıcılıqları (*O. kisutch*, *O. keta* və *S. salar*) nəzərdən keçirin və nümunənizin ardıcılığıyla üst-üstə düşməyən nukleotidləri dairəlayın.
 2. (a) *O. kisutch* və nümunəniz arasında neçə nukleotid fərqi var? (b) Bəs *O. keta* ilə fərq nə qədərdir? (c) Hesablamaları *S. salar* üçün təkrarlayın.
 3. Standart ardıcılığın hər biri ilə nümunəniz arasında neçə faiz oxşarlıq var?
 4. Sadəcə burada verilənlərə əsaslanaraq nümunənin hansı növə aid olduğunu təxmin edin. Cavabı nəyə əsaslandırırırsınız?

5 Fəslin İcmalı

ƏSAS ANLAYIŞLARIN XÜLASƏSİ

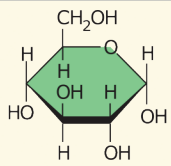
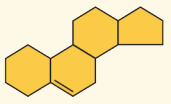
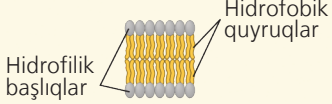
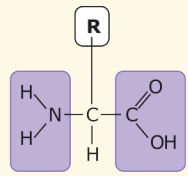
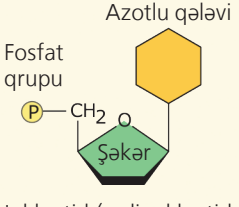
BAŞLIQ 5.1

Makromolekul monomerlərdən ibarət polimerdir

- Böyük karbohidrat (polisaxarid), protein və nuklein turşuları **monomer** zəncirindən ibarət **polimerlərdir**. Lipidlərin tərkib hissələri müxtəlifdir. Monomerlər su molekullarının

ayrılmasıyla baş verən **dehidrasiya reaksiyası** ilə daha böyük molekular əmələ gətirir. Polimerlər əks-proses olan **hidroliz** ilə parçalara ayrılır. Kiçik monomer qrupundan çox sayda polimer qurula bilər.

- ❓ *Karbohidrat, protein və aminturşular arasındakı fərqlər nədən qaynaqlanır?*

Böyük Bioloji Molekullar	Tərkibi	Nümunələr	Funksiyası
BAŞLIQ 5.2 Karbohidratlar yanacaq və struktur materialıdır ❓ <i>Niştasta və sellülozu tərkib, struktur və funksiya baxımından müqayisə edin. Niştasta və sellülozun insan bədənində rolu nədir?</i>	 Monosaxarid monomer	Monosaxaridlər: qlükoz, fruktoz Disaxaridlər: laktoz, saxaroz Polisaxaridlər: ■ Sellüloz (bitki) ■ Niştasta (bitki) ■ Qlikogen (heyvan) ■ Xitin (heyvan və göbələk)	Yanacaq; digər molekulara çevrilə və ya birləşib polimer əmələ gətirə bilən karbon mənbəyidir ■ Bitki hüceyrə divarını gücləndirir ■ Qlükozu enerji kimi tədarük edir ■ Xarici skeleti və göbələyin hüceyrə divarını gücləndirir
BAŞLIQ 5.3 Lipidlər müxtəlif növ hidrofobik molekulardır ❓ <i>Nə üçün lipidlər polimer, yaxud makromolekul hesab olunmur?</i>	Qliserin  3 yağ turşusu  Fosforlu başlıq 2 yağ turşusu  Steroid gövdə	Triqliseridlər (yağlar): qliserin + üç yağ turşusu Fosfolipidlər: qliserin + fosfat qrupu + iki yağ turşusu Steroidlər: Bitişik dörd halqa və onlara bağlı kimyəvi qruplar	Vacib enerji mənbəyi  Membranın lipid qoşalayı  Hidrofilik başlıqlar Hidrofobik quyruqlar ■ Hüceyrə membranının tərkib hissəsi (xolesterin) ■ Bədən boyunca hərəkət edən siqnalötürücü molekulalar (hormonlar)
BAŞLIQ 5.4 Proteinlər yüksək struktural və funksional müxtəlifliyə malik molekulardır ❓ <i>Proteinlərin yüksək müxtəlifliyi nəyə əsaslanır?</i>	 Aminturşu monomeri (20 tip)	■ Enzimlər ■ Müdafiə proteinləri ■ Ehtiyat proteinləri ■ Nəqliyyat proteinləri ■ Hormonlar ■ Reseptor proteinlər ■ Hərəkət proteinlər ■ Struktural proteinlər	■ Kimyəvi reaksiyaları kataliz edir ■ Xəstəliklərə qarşı qoruyur ■ Aminturşu tədarük edir ■ Maddələri daşıyır ■ Orqanizmin cavabını koordinasiya edir ■ Hüceyrə xaricindən siqnalları qəbul edir ■ Hüceyrə hərəkətində iştirak edir ■ Struktural dəstəyi təmin edir
BAŞLIQ 5.5 Nuklein turşuları irsi informasiyanı daşıyan, ekspressiyasını təmin edən və gələcək nəsillərə ötürən molekulardır ❓ <i>Komplementar nukleotid cütləşməsi nuklein turşularının funksiyasında nə rol oynayır?</i>	 Nukleotid (polinukleotid monomeri)	DNA:  ■ Şəkər = dezoksiriboz ■ Azotlu qələvilər = C, G, A, T ■ Adətən qoşa zəncirli RNA:  ■ Şəkər = riboz ■ Azotlu qələvilər = C, G, A, U ■ Adətən tək zəncirli	İrsi məlumat saxlayır İnformasiyanın DNA-dan ribosoma daşınması da daxil olmaqla, gen ekspressiyasında müxtəlif funksiyalar yerinə yetirir

BAŞLIQ 5.6

Genomika və proteomika biologiyada araşdırma və tətbiqi fundamental şəkildə dəyişdirmişdir

- DNA sıralanmasındakı son texnoloji yeniliklər genomikaya təkan vermişdir ki, bu da böyük gen qruplarını və ya bütün genomu analiz edən yanaşmadır. **Proteomika** isə böyük protein qrupları üçün oxşar yanaşmadır. **Bioinformatika** bu böyük data toplularının analizi üçün hesablama alətləri və kompüter proqramlarının istifadəsidir.
 - İki bioloji növ təkamül cəhətdən nə qədər yaxındırsa, onların DNA ardıcılığı da bir o qədər oxşardır. DNA ardıcılığı datası fosil və anatomik dəlillərə əsaslanan təkamül modelini təsdiq edir.
- ❓ *Meyvə milçəyində, balıqda, siçanda və insanda müəyyən bir gen ardıcılığına nəzər salaraq, insanın gen ardıcılığının digər növlərə olan nisbi oxşarlığını təxmin edin.*

SINAQ

Səviyyə 1: Bilik və Anlama

- Aşağıdakılardan hansı digərlərini özündə birləşdirir?
A) disaxarid C) nişasta
B) polisaxarid D) karbohidrat
- Amilaz enzimi sadəcə monomerlər α halında olduqda qlükoz monomerləri arasındakı qlükozidik rabitəni qıra bilər. Amilaz aşağıdakılardan hansını parçalaya bilər?
A) qlikogen, nişasta və amilopektin
B) qlikogen və sellüloz
C) sellüloz və xitin
D) nişasta, xitin və sellüloz
- Aşağıdakılardan hansı *doymamış* yağlar üçün doğrudur?
A) Bitkilərdən daha çox heyvanlarda rast gəlinir
B) Yağ turşusu zəncirlərində ikiqat rabitə var
C) Otaq temperaturunda bərkilirlər
D) Eyni sayda karbona malik doymuş yağlardan daha çox hidrogenləri var
- Hidrogen rabitəsinin dağılmasından ən az təsirlənən protein struktural səviyyə hansıdır?
A) Birincili struktur C) Üçüncülü struktur
B) İkincili struktur D) Dördüncülü struktur
- DNA-nı parçalayan enzim, nukleotidləri birləşdirən kovalent rabitələrin hidrolizini kataliz edir. DNA molekulu bu enzimlə qarışdırılsa, nə baş verər?
A) Qoşa spiralın iki zənciri aralanar
B) Polinukleotid gövdənin fosfodiester rabitəsi qırılır
C) Pirimidinlər dezoksiriboz şəkərlərdən ayrılır
D) Bütün əsaslar dezoksiriboz şəkərlərdən ayrılır

Səviyyə 2: Tətbiq və Analiz

- Qlükozun molekulyar formulu $C_6H_{12}O_6$ -dır. Dehidrasiya reaksiyası ilə on qlükoz molekulyarının birləşməsindən yaranmış polimerin molekulyar formulu necə olar?
A) $C_{60}H_{120}O_{60}$
B) $C_{60}H_{102}O_{51}$
C) $C_{60}H_{100}O_{50}$
D) $C_{60}H_{111}O_{51}$

- Aşağıdakı əsas ardıcılığı cütələrindən hansı normal DNA qoşa spiralının bir hissəsinə əmələ gətirə bilər?

A) 5'-AGCT-3' və 5'-TCGA-3'
B) 5'-GCGC-3' və 5'-TATA-3'
C) 5'-ATGC-3' və 5'-GCAT-3'
D) Bütün cütələr doğrudur

- Aşağıdakı terminləri qruplaşdıraraq cədvəl qurun, sətir və sütunları işarələyin.

Monosaxarid	Polipeptid	Fosfodiester rabitə
Yağ turşusu	Triqliserid	Peptid rabitəsi
Aminturşu	Polinukleotid	Qlükozidik rabitə
Nukleotid	Polisaxarid	Mürəkkəb efir rabitəsi

- TƏSVİR ET** Şəkil 5.23a-dakı polinukleotid zəncirini kopyalayın və 5' ucundan başlayaraq G, T, C, A əsaslarını işarələyin. Bunun DNA polinukleotidi olduğunu fərz edin. İndi isə fosfat (çevrə), şəkər (beşbucaqlı) və əsaslar üçün eyni simvoldan istifadə edərək komplementar zəncir qurun. Əsasları işarələyin. Hər zəncirin 5' → 3' istiqamətini göstərən ox çəkin. Oxlardan istifadə edərək ikinci zəncirin birinciyə anti-paralel olduğunu dəqiqləşdirin.
Tərsiyyə: Birinci zənciri şaquli formada çəkdikdən sonra, vərəqi tərsinə çevirin; İkinci zənciri 5'-dən 3'-ə doğru, yuxarıdan aşağı çəkmək işinizi asanlaşdıracaqdır.

Səviyyə 3: Sintez və Dəyərləndirmə

- TƏKAMÜL ƏLAQƏSİ** Aminturşu ardıcılıqlarının müqayisəsi yaxın növlərin təkamül tarixlərinə işıq tuta bilər. İki canlı növünü müqayisə etsəydiniz, bütün proteinlərin eyni dərəcədə fərqlilik göstərəcəyini gözləyerdinizmi? Cavabınızı əsaslandırın.
- ELMI TƏDQIQAT** DNA-ya birləşən proteinləri araşdıran laboratoriyada aspirantsınız. Sizə müəyyən növlərin genomu tərəfindən kodlanan proteinlərin aminturşu ardıcılığı verilir və DNA-ya bağlanma ehtimalı olan proteinləri tapmaq tapşırılır. Sizcə, bu proteinlərin DNA-ya birləşən hissələrində hansı tip aminturşular olmalıdır? Fikrinizi izah edin.
- ESSE: TƏŞKİLAT** Hüceyrədə müxtəlif funksiyalar yerinə yetirən proteinlərin hamısı eyni dəst aminturşu monomerlərdən ibarət olan polimerlərdir. Aminturşu strukturunun proteindəki funksiya müxtəlifliyini necə yaratdığına dair 100-150 sözlük qısa esse yazın.
- SİNTEZ**



Yumurta sarısının funksiyasının inkişaf edən cücəni qidalandırmaq və dəstəkləmək olduğunu nəzərə alaraq, yumurta sarısında yağ, protein və xolesterin səviyyəsinin niyə yüksək olduğunu izah edin.

HABİTAT TƏRCÜMƏ LAYİHƏSİ

1 MAY 2021

Kitabla bağlı yeniliklər üçün aşağıdakı
ünvana müraciət edə bilərsiniz
elmi-spektr.com/habitat/campbell-biologiya