

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

Biotechnology in mineral processing

مدرس: محمد جهانی چگنی

m.jahani1983@gmail.com

بهمن ماه ۱۴۰۱

منابع اعلام شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

متأسفانه از سوی وزارت علوم برای این درس منبع خاصی تعریف نشده است و صفحه مربوط به این درس خالی است.

سرفصل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

متأسفانه از سوی وزارت علوم برای این درس سرفصل خاصی تعریف نشده است و صفحه مربوط به این درس خالی است.

□ بخش اول:

□ اهمیت قضیه و اهمیت دوره

□ معرفی میکروارگانیسم‌ها (دو الی سه جلسه)

□ اینکه در فرآیندهای معدنی چه میکروارگانیسم‌هایی داریم؟ چه مشخصاتی دارند؟
چه ویژگی‌هایی دارند؟ از قبیل محیط رشدشان، محیط کشتشان، شرایط
دمایی‌اشان، منبع تغذیه و غیره

□ از آنجایی که پایه روش‌های بیوتکنولوژی در بحث معدن و سایر بحث‌ها شناخت
میکروارگانیسم‌ها است.

□ اینکه بدانیم مثلاً برای بیولیچینگ اسفالریت یک میکروارگانیسم انتخاب کنیم یا
برای بیولیچینگ پیریت میکروارگانیسم انتخاب کنیم. چه باکتری‌ای مناسب
است؟ و یا ترکیب چه باکتری‌هایی مناسب است؟

□ به همین خاطر در سه جلسه اول در مورد باکتری‌ها صحبت می‌کنیم.

□ بخش اول:

□ از روی فصل اول کتاب Microbial processing of metal sulfides

□ در فایل‌های پاورپوینت انگلیسی موجود است.

□ ۷ الی ۸ صفحه به ابتدای جزوه اضافه شود (تا جزوه تکمیل شود).

□ بخش دوم:

□ بیولیچینگ (بخش عمده درس)

□ ابتدا مبانی تئوری بیولیچینگ و مکانیزم‌ها را تعریف می‌کنیم.

□ اساس بیولیچینگ را می‌گوییم.

□ در ادامه روش‌های بیولیچینگ که صنعتی شده‌اند از قبیل روش ژئوکت (GEOCOAT)، روش بایوکپ (BIOCOP)، روش بایوهیپ‌لیچینگ برای طلا،

مس و غیره آن‌هایی که صنعتی شده‌اند را توضیح می‌دهیم و معرفی می‌کنیم.

□ مثلاً روش بایوکس (BIOX) که برای طلا صنعتی شده است را معرفی می‌کنیم.

□ سپس کارخانه‌هایی که در دنیا در این خصوص از روش بیولیچینگ در مقیاس

صنعتی برای استحصال عناصر استفاده می‌کنند را توضیح می‌دهیم.

سرفصل‌های درس

□ قسمت فرآیندهای صنعتی هم جای کار دارد (در بخشی از اسلایدها موجود است)
به جزوه اضافه شود.

□ بخش سوم:

□ بیوفلوتاسیون (Bioflotation) و بیوفلوکولاسیون (Bioflocculation) (دو جلسه)

□ در اینجا میکروارگانیسم‌هایی را معرفی می‌کنیم که می‌توانند نقش بازداشت‌کنندگی یا نقش فعال‌کنندگی یا اصطلاحاً نقش سطح‌سازی را در فرآیندها داشته باشند یا نقش فلوکولانت را داشته باشند.

□ این بخش بیوفلوتاسیون و بیوفلوکولاسیون در مقیاس آزمایشگاهی است و هنوز صنعتی نشده است.

□ بخش چهارم:

□ بایوتریتمنت (Biotreatment) و بایورمدی‌ایشن (Bioremediation)

□ در واقع زیست‌پالایی به آن گفته می‌شود.

□ به عنوان مثال تصفیه زهاب‌های اسیدی بخش مهمی از بایوتریتمنت را شامل می‌شود.

□ در این بخش درباره سورس (منبع) تولید اسید در معادن صحبت می‌کنیم، روش‌هایی که برای زیست‌پالایی وجود دارند، و روی استفاده از روش‌های میکروارگانیسمی متمرکز می‌شویم.

□ توضیح می‌دهیم که اساس آن چیست؟ کجاها استفاده می‌شود؟ و در کجا صنعتی شده است؟

□ بخش چهارم:

□ بایوتریتمنت (Biotreatment) و بایورمدی‌ایشن (Bioremediation)

□ مثلاً در کارخانه‌های آمریکا و کانادا علاوه بر خنثی‌سازی زهاب‌های اسیدی، همراه آن عناصر محلول مانند مس، روی، نیکل، کبالت و غیره را به عنوان محصول جانبی (by product) رسوب می‌دهند که در کنار تصفیه دارای ارزش اقتصادی است.

□ همچنین روی تکنیک‌های حذف ناخالصی‌هایی مانند سیانور و آرسنیک متمرکز می‌شویم.

سرفصل‌های درس

□ بخش بایوتریتمنت و بایورمدی‌ایشن هم ناقص است و جای کار دارد و باید جزوه تکمیل شود.

□ بیوفیلتراسیون (Biofiltration)

درفرسهای درس

- 1- “**Biotechnology of Metals – Principles, Recovery methods and Environmental concerns**”, K. A. Natarajan, 1st edition, Elsevier, 2018.
- 2- “**Microbial Processing of Metal Sulfides**”, Edgardo R. Donati & Wolfgang Sand, 1st edition, Springer, 2007.
- 3- “**Biomining**”, D. E. Rawlings & B. D. Johnson, 1st edition, Springer, 2007.
- 4- “**Engineering Principles in Biotechnology**”, Wei-Shou Hu, 1st edition, JohnWiley & Sons, 2018.
- 5- “**Handbook of Metal Biotechnology – Applications for Environmental Conservation and Sustainability**”, Michihiko Ike, Mitsuo Yamashita, and Satoshi Soda, 1st edition, Taylor & Francis, 2012.

- 6- “**Microbiology for Minerals, Metals, Materials and the Environment**”, Abhilash, B. D. Pandey, and K. A. Natarajan, 1st edition, Taylor & Francis Group, 2015.
- 7- “**Mineral Biotechnology: Microbial Aspects of Mineral Beneficiation, Metal Extraction, and Environmental Control**”, S.K. Kawatra and K.A. Natarajan, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), 2013.
- 8- “**Biosorption and Bioaccumulation in Practice**”, Katarzyna Chojnacka, Nova Science Publishers, 2009.
- 9- “**Trace Elements in the Environment – Biogeochemistry, Biotechnology, and Bioremediation**”, M. N. Prasad, Kenneth S. Sajwan and Ravi Naidu, Taylor & Francis, 2006.

- 10- **“Bioremediation - Methods and Protocols”**, Stephen P. Cummings, Humana Press, 2010.
- 11- **“Advances in Biochemical Engineering Biotechnology”**, T. Scheper, Springer, 1997.
- 12- **“Biotreatment of Agricultural Wastewater”**, Mark E. Huntley, Reissued 2018 by CRC Press, Taylor & Francis Group, 1989.
- 13- **“Bioprocessing and Biotreatment of Coal”**, Donald L. Wise, MARCEL DEKKER, INC., 1990.
- 14- **“Sustainable Environmental Protection Technologies - Contaminant Biofiltration, Adsorption and Stabilization”**, Springer, 2020.
- 15- **“Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes - Further Developments and Applications”**, Nobutada Nakamoto, Nigel Graham, M. Robin Collins and Rolf Gimbel, IWA Publishing, 2014.

- 16- **“Biofiltration for Air Pollution Control”**, Joseph S. Devinny, Marc A. Deshusses, Todd S. Webster, LEWIS PUBLISHERS, 1999.
- 17- **“Biotreatment of Industrial Effluents”**, Mukesh Doble and Anil Kumar, Elsevier, 2005.
- 18- **“Biomining: Theory, Microbes and Industrial Processes”**, Douglas E. Rawlings, Springer, 1997.
- 19- **“Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future”**, Ram Lakhan Singh, Springer, 2017.
- 20- **“ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY - Biodegradation, Bioremediation, and Bioconversion of Xenobiotics for Sustainable Development”**, Jeyabalan Sangeetha, Devarajan Thangadurai, Muniswamy David, Mohd Azmuddin Abdullah, Apple Academic Press, 2017.

- 21- **“Environmental Biotechnology”, Lawrence K. Wang, Volodymyr Ivanov, Joo-Hwa Tay, Yung-Tse Hung, Human Press, 2010.**
- 22- **“ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY - (Role of Plants, Microbes & Earthworms in Environmental Management & Sustainable Development)”, Rajiv K. Sinha & Rohit Sinha, Aavishkar Publishers, 2007.**
- 23- **“Environmental Microbial Biotechnology”, Lala Behari Sukla, Nilotpala Pradhan, Sandeep Panda, Barada Kanta Mishra, Springer, 2015.**
- 24- **“Industrial Biotechnology – Microorganisms Volume 1”, Christoph Wittmann and James C. Liao, Wiley-VCH, 2017.**

رفرنس‌های درس

- 25- **“Textbook of Environmental Biotechnology”**, Pramod Kumar, Vipin Kumar, Pravin Kumar Sachan, Woodhead Publishing India, 2018.
- 26- **“Nanoscience and Biotechnology for Environmental Applications”**, K. M. Gothandam, Shivendu Ranjan, Nandita Dasgupta, Eric Lichtfouse, Springer, 2019.
- 27- **“Biological Wastewater Treatment Processes - Mass and Heat Balances”**, Davide Dionisi, CRC Press Taylor & Francis Group, 2017.
- 28- **“Environmental Biotechnology: For Sustainable Future”**, Ranbir Chander Sobti, Naveen Kumar Arora, Richa Kothari, Springer, 2019.
- 29- **“BIOTECHNOLOGY OF MICROORGANISMS - Diversity, Improvement, and Application of Microbes for Food Processing, Healthcare, Environmental Safety, and Agriculture”**, Jeyabalan Sangeetha, Devarajan Thangadurai, Somboon Tanasupawat, Pradnya Pralhad Kanekar, Apple Academic Press, 2020.

- 30- **“A Practical Guide to Environmental Biotechnology”**, Jayanta Kumar Patra, Gitishree Das, Swagat Kumar Das, Hrudayanath Thatoi, Springer, 2020.
- 31- **“Principles of Biotechnology”**, Christina A. Crawford, GREY HOUSE PUBLISHING, Salem Press, 2018.
- 32- **“Environmental Biotechnology For Soil and Wastewater Implications on Ecosystems”**, Rita Kundu, Rajiv Narula, Rajashree Paul, Susmita Mukherjee, springer, 2019.
- 33- **“WATER AND WASTEWATER ENGINEERING - Design Principles and Practice”**, Mackenzie L. Davis, 2nd edition, McGraw-Hill, 2020.
- 34- **“Environmental Microbiology and Biotechnology - Volume 1: Biovalorization of Solid Wastes and Wastewater Treatment”**, Anoop Singh, Shaili Srivastava, Dheeraj Rathore, Deepak Pant, Springer, 2020.

- 35- “**Environmental Microbiology and Biotechnology - Volume 2: Bioenergy and Environmental Health**”, Anoop Singh, Shaili Srivastava, Dheeraj Rathore, Deepak Pant, Springer, 2021.
- 36- “**Biotechnology Fundamentals**”, Firdos Alam Khan, 3rd edition, CRC PressTaylor & Francis Group, 2020
- 37- “**Basic Biotechnology**”, Calin Ratledge and Bjorn Kristiansen, 2nd edition, Cambridge University Press, 2001.
- 38- “**Microbial Biosorption of Metals**”, Pavel Kotrba, Martina Mackova, Tomas Macek, Springer, 2011.
- 39- “**The Iron Oxides – Structure, Properties, Reactions, Occurences and Uses**”, R. M. Cornell and U. Schwertmann, 2nd edition, WILEY-VCH, 2003.

رفرنس‌های درس

- 40- “**BIOCHEMICAL ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY**”, GHASEM D. NAJAFPOUR, 1st and 2nd editions, Elsevier, Noshirvani University of Technology, Babol, Iran, 2007 and 2015.
- 41- “**Microbiology**”, Lansing M. Prescott, 5th edition, The McGraw–Hill Companies, 2002.
- 42- “**Environmental Biotechnology**”, T. Srinivas, New Age International (P) Ltd., Publishers, 2008.
- 43- “**Environmental Biotechnology - Theory and Application**”, Gareth M. Evans and Judith C. Furlong, John Wiley & Sons, 2003.
- 44- “**Environmental Biotechnology - Principles and Applications**”, Bruce E. Rittmann and Perry L. McCarty, 1st and 2nd editions, McGraw-Hill Education, 2001, 2020.

- 45- **“Environmental Pollution and Remediation”**, Ram Prasad, Springer, 2021.
- 46- **“Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture”**, Ajar Nath Yadav, Joginder Singh, Chhatarpal Singh, Neelam Yadav, Springer, 2021.
- 47- **“Advanced Antimicrobial Materials and Applications”**, Inamuddin, Mohd Imran Ahamed, Ram Prasad, Springer, 2021.
- 48- **“Microbial Biotechnology: Basic Research and Applications”**, Joginder Singh, Ashish Vyas, Shanquan Wang, Ram Prasad, Springer, 2020.
- 49- **“Environmental Biotechnology Vol. 3”**, K. M. Gothandam, Shivendu Ranjan, Nandita Dasgupta, Eric Lichtfouse, Springer, 2021.
- 50- **“Fungal Applications in Sustainable Environmental Biotechnology”**, Diane Purchase, Springer, 2016.

درفنس های درس

- 51- **“Handbook of Metal Biotechnology – Applications for Environmental Conservation and Sustainability”**, Michihiko Ike, Mitsuo Yamashita, Satoshi soda, Taylor & Francis Group, 2012.
- 52- **“Biohydrometallurgy and the Environment Toward the Mining of the 21 Century - Proceedings of the International Biohydrometallurgy Sympo – Part A”**, R. Amils and A. Ballester, Elsevier, 1999.
- 53- **“Biohydrometallurgy and the Environment Toward the Mining of the 21st Century – Part B”**, R. Amils, A. Ballester, Elsevier, 1999.
- 54- **“Environmental Microbiology and Biotechnology – Volume 1: Biovalorization of Solid Wastes and Wastewater Treatment”**, Anoop Singh, Shaili Srivastava, Dheeraj Rathore, Deepak Pant, Springer, 2020.
- 55- **“Environmental Microbiology and Biotechnology – Volume 2: Bioenergy and Environmental Health”**, Anoop Singh, Shaili Srivastava, Dheeraj Rathore, Deepak Pant, Springer, 2021.

- 51- “**Industrial Microbiology**”, David B.Wilson, Hermann Sahm, Klaus-Peter Stahmann, andMattheos Koffas, Wiley-VCH, 2020.
- 52- “**HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT - Microorganisms and Bioremediation**”, Edgardo R. Donati, CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.
- 53- “**Bioelectrosynthesis**”, Falk Harnisch and Dirk Holtmann, Springer, 2019.
- 54- “**Applied Environmental Biotechnology: Present Scenario and Future Trends**”, Garima Kaushik, Springer, 2015.
- 55- “**Biohydrometallurgical Recycling of Metals from Industrial Wastes**”, Hong Hocheng, Mital Chakankar, and Umesh Jadhav, Taylor & Francis Group, 2018.
- 56- “**BIOHYDROMETALLURGY OF CHALCOPYRITE**”, HONGBO ZHAO, CONGREN YANG, XIAN ZHANG, YISHENG ZHANG, GUANZHOU QIU, Elsevier, 2021.

درفنس های درس

- 57- “**Recent Advances in Hydro- and Biohydrometallurgy**”, Kostas A. Komnitsas, MDPI, Minerals, 2019.
- 58- “**Environmental Biotechnology - New Approaches and Prospective Applications**”, Marian Petre, InTech, Croatia, 2013.
- 59- “Proceedings of the International Biohydrometallurgy Symposium, IBS 2003, held in Athens, Hellas, September 14-19, 2003- **Part I Bioleaching Applications, Bioremediation Environmental Applications**”, Marios Tsezos, Artin Hatzikioseyan, Emmanouela Remoudaki.
- 60- “Proceedings of the International Biohydrometallurgy Symposium, IBS 2003, held in Athens, Hellas, September 14-19, 2003- **Part II Biosorption, Microbiology Fundamentals, Molecular Biology and Taxonomy**”, Marios Tsezos, Artin Hatzikioseyan, Emmanouela Remoudaki.

- 61- “**Emerging Technologies in Environmental Bioremediation**”, Maulin P. Shah, Susana Rodriguez-Couto, S. Sevinc Sengor, ELSEVIER, 2020.
- 62- “**Modern Industrial Microbiology and Biotechnology**”, Nduka Okafor and Benedict C. Okeke, 1st and 2nd editions, Taylor & Francis Group, 2007, 2018.
- 63- “**Basic Concepts in Environmental Biotechnology**”, Neetu Sharma, Abhinashi Singh Sodhi, Navneet Batra, Taylor & Francis Group, 2022.
- 64- “**Acidophiles - Life in Extremely Acidic Environments**”, Raquel Quatrini and D. Barrie Johnson, Caister Academic Press, 2016.
- 65- “**Advances in Environmental Biotechnology**”, Raman Kumar, Anil Kumar Sharma, Sarabjeet Singh Ahluwalia, Springer, 2017.

- 66- “**Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles**”, Richa Salwan, Vivek Sharma, Academic Press, Elsevier, 2020.
- 67- “**ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY - The study guide**”, Bolatkhan Zayadan and Almira Saparbekova, Almaty, Qazaq University, 2020.
- 68- “**Biom mineralization-Reviews in Mineralogy and Geochemistry-Volume 54**”, Patricia M. Dove, James J. De Yoreo, Steve Weiner, Mineralogical Society of America, 2003.

د فرنس های یافت نشده

- 1- **“Bioleaching and Biocorrosion: Advances in Interfacial processes”**, Wolfgang Sand, Jinlan Xia, Jizhou Duan, 2021.
- 2- **“Biotechnological Applications of Extremophilic Microorganisms”**, Natuschka M. Lee, 2020.
- 3- **“Recent Advances in Acidophile Microbiology: Fundamentals and Applications”**, D. Barrie Johnson, Axel Schippers, 2017.
- 4- **“Enumeration and Characterization of Acidophilic Microorganisms Isolated from a Pilot Plant Stirred-tank Bioleaching Operation”**, M. Gericke, 2003.
- 5- **“Bioprospecting and Biotechnology of Extremophiles”**, Milko A. Jorquera, Steffen P. Graether, Fumito Maruyama, 2019.
- 6- **“The Effect of Chloride on Bioleaching Microorganisms: Implications for Biomining”**, Carla Marie Zammit, 2012.

منابع فارسی (جهت یادگیری بیشتر)

- ۱- «بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی»، محمد جهانی چگنی، جزوه درسی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۴۰۰.
- ۲- «فناوری میکروبی در متالورژی»، رامز وقار، منوچهر اولیازاده، محمدرضا وقار، دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۷۹.

سایت‌های مفید برای دانلود رفرنس‌ها

<http://libgen.rs/>

<https://z-lib.org/>

<http://libgen.rs/scimag/>

<https://ir1lib.org/>

www.Liberica.org/books/

www.slideshare.net/?ss

<http://b-ok.org/>

<http://sci-hub.ru/>

<https://freepaper.me/>

www.smenet.org

www.sciencedirect.com

برنامه هفتگی

برنامه هفتگی استاد در ترم 4012															X
روز/ساعت	08:00 09:00	09:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00	16:00 17:00	17:00 18:00	18:00 19:00	19:00 20:00	20:00 21:00	21:00 22:00	22:00 23:00
شنبه															
يك شنبه					برنامه سازي کامپيوتر گروه: 01 هر هفته محل: کلاس شماره 7- دانشکده معدن		بيوفناوري در فراوري مواد معدني گروه: 01 هر هفته محل: کلاس شماره 7- دانشکده معدن								
دوشنبه							کانه آرائي پيشرفته گروه: 01 هر هفته محل: کلاس شماره 4- دانشکده معدن								
سه شنبه					برنامه سازي کامپيوتر گروه: 01 هر هفته محل: کلاس شماره 7- دانشکده معدن										
چهارشنبه					کنترل فرايندهاي فراوري مواد معدني (دکتر) گروه: 01 هر هفته محل: کلاس شماره 4-دانشکده معدن										
پنج شنبه															

نحوه ارزشیابی

امتحان پایان ترم: ۸ نمره

پروژه و ارائه کلاسی: ۶ نمره

ترجمه مقاله مروری: ۶ نمره

حضور غیاب : صفر نمره (به ازای هر غیبت نیم نمره کسر می شود)

تحقیقات کوچک و مثبت های کلاسی: ۲ نمره

Author Biography

Author of *Biochemical Engineering & Biotechnology* is a distinguished professor in chemical engineering and the chairman of Biotechnology Research Center, Babol Noshirvani University of Technology, Iran. He is an educated scholar from University of Arkansas, United States with strong background in biological processes. He is deeply involved in research and teaching in biochemical engineering subjects and has conducted many practical researches in the fields of biofuel and biochemical engineering.

He has served as academic member of University of Mazandaran, visiting professor at University of Waterloo, Canada and University of Arkansas, United States, University Science Malaysia (USM, Penang), and Babol Noshirvani University of Technology. He also spent his sabbatical leave at University of Arkansas, United States (1992–1993). He has expanded his scientific research activities on single cell protein, microbial fuel cells, renewable energy, and synthetic fuels. Since 2005, he was qualified and appointed as professor in the faculty of chemical engineering at Babol Noshirvani University of Technology, Iran.



طبقه‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای بهینه

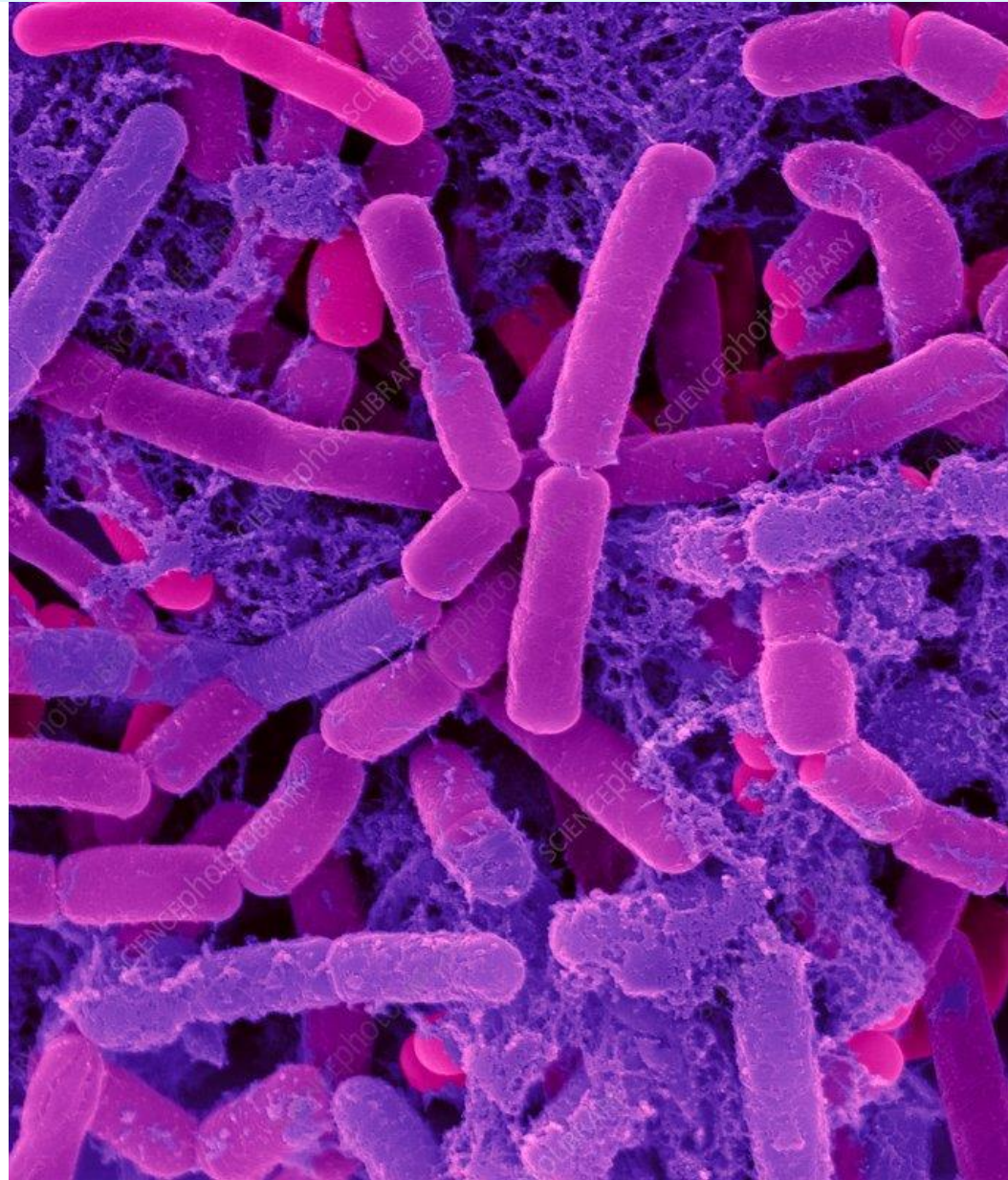
- ❑ In terms of optimum temperatures, leaching bacteria can be classified as:

Cryophiles	$< 20^{\circ}\text{C}$
Mesophiles	$25 - 40^{\circ}\text{C}$
Moderate thermophiles	$40 - 55^{\circ}\text{C}$
Extreme thermophiles	$60 - 85^{\circ}\text{C}$

طبقه‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای بهینه

Cryophiles	$<20^{\circ}\text{C}$
Mesophiles	$25-40^{\circ}\text{C}$
Moderate thermophiles	$40-55^{\circ}\text{C}$
Extreme thermophiles	$60-85^{\circ}\text{C}$

❑ Cryophiles



طبقه‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای بهینه

Cryophiles	$<20^{\circ}\text{C}$
Mesophiles	$25-40^{\circ}\text{C}$
Moderate thermophiles	$40-55^{\circ}\text{C}$
Extreme thermophiles	$60-85^{\circ}\text{C}$

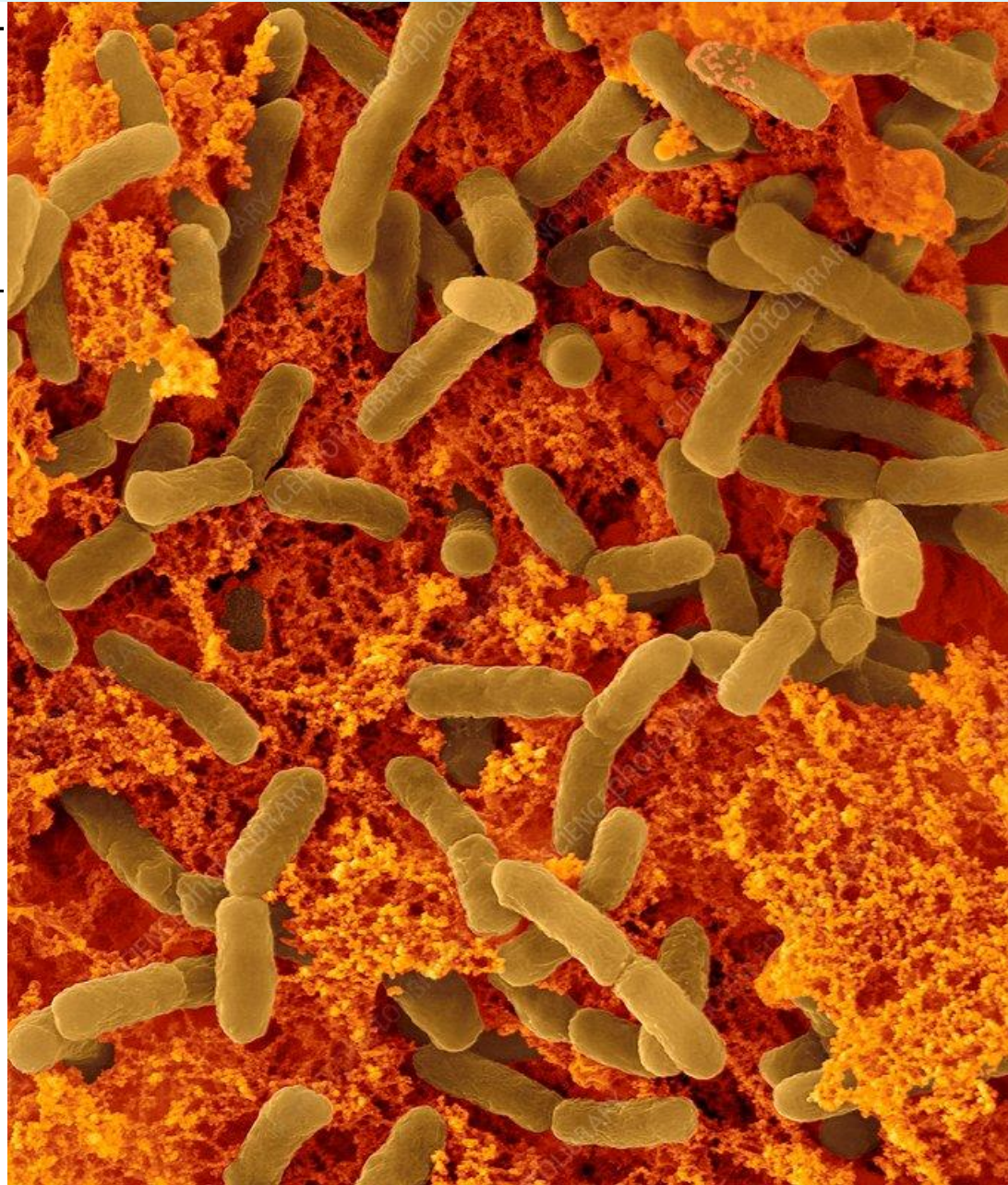
□ Mesophiles



طبقه‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای بهینه

Cryophiles	$<20^{\circ}\text{C}$
Mesophiles	$25-40^{\circ}\text{C}$
Moderate thermophiles	$40-55^{\circ}\text{C}$
Extreme thermophiles	$60-85^{\circ}\text{C}$

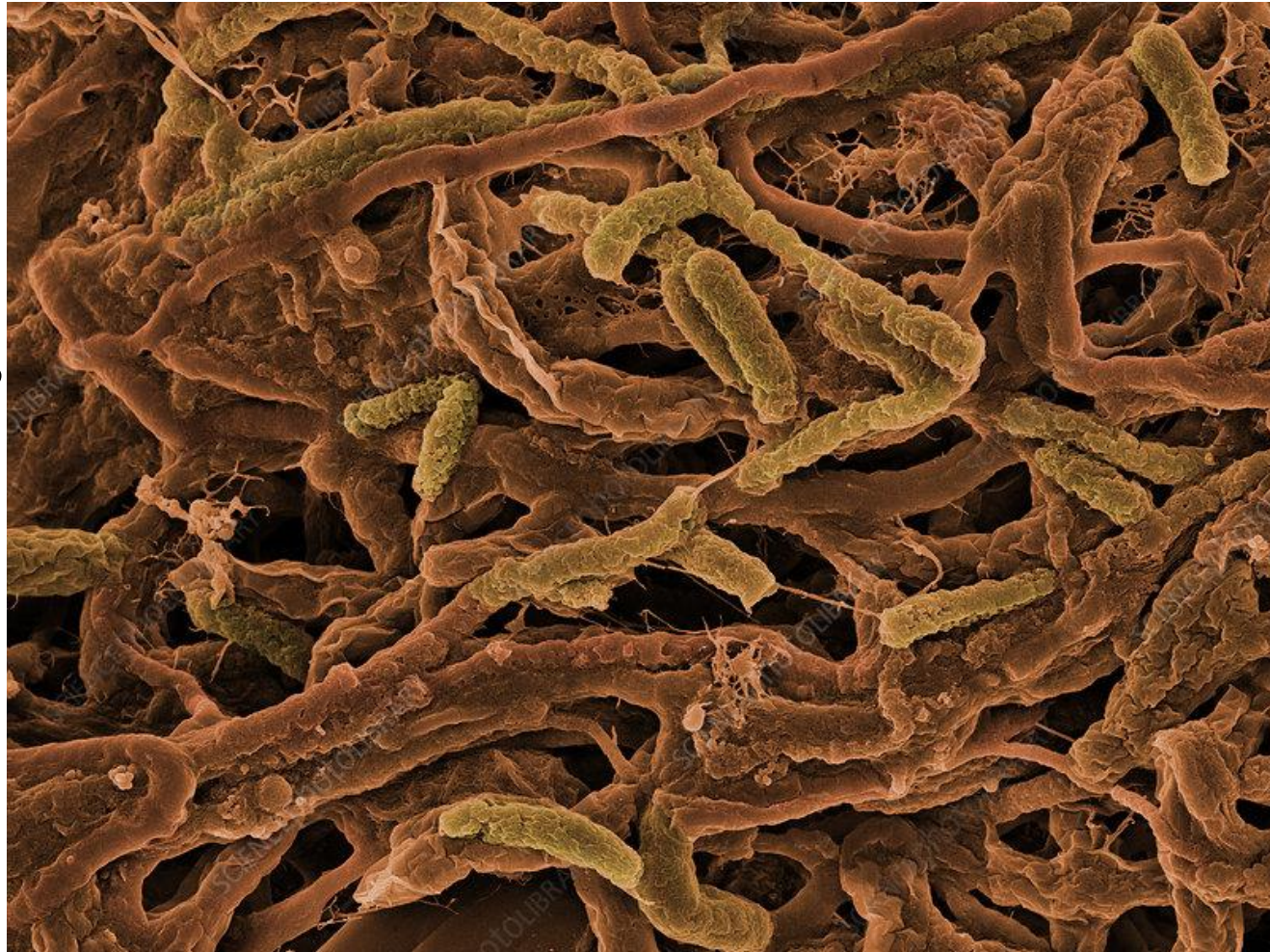
□ Moderate Thermophiles



طبقه‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای بهینه

Cryophiles	$<20^{\circ}\text{C}$
Mesophiles	$25-40^{\circ}\text{C}$
Moderate thermophiles	$40-55^{\circ}\text{C}$
Extreme thermophiles	$60-85^{\circ}\text{C}$

❑ Extreme thermophiles



❑ Microorganisms are divided into seven types:

1. Bacteria

2. Archaea

3. Protozoa

4. Algae

5. Fungi

6. Viruses

7. Multicellular animal parasites (helminths)

❑ Each type has a characteristic cellular composition, morphology, mean of locomotion, and reproduction.

میکروارگانیزم‌ها

□ میکروارگانیزم‌ها به هفت نوع تقسیم می‌شوند:

۱- باکتری‌ها

۲- باستانی‌ها

۳- تک‌یاختگان

۴- جلبک‌ها

۵- قارچ‌ها

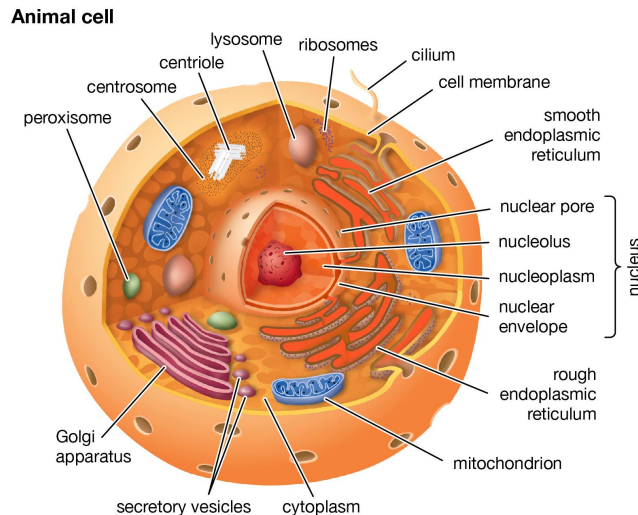
۶- ویروس‌ها

۷- انگل‌های حیوانی چندسلولی (کرم‌ها)

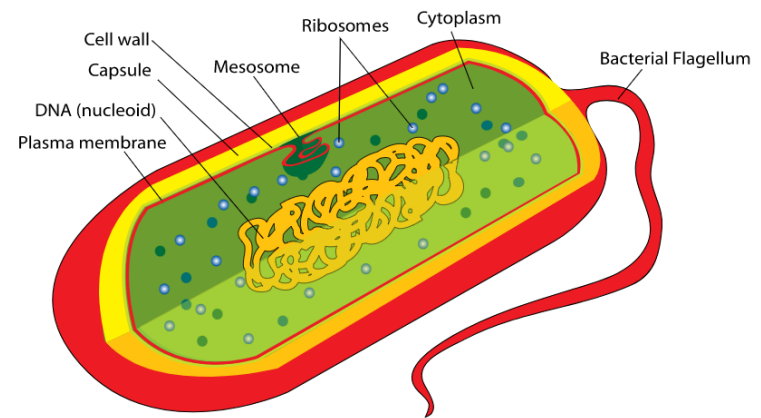
□ هر نوع دارای ترکیب سلولی ویژه، ریخت‌شناسی، میانگین جنش و تولیدمثل است.

تقسیم‌بندی جانداران کره زمین در زیست‌شناسی

- تمامی جاندارانی که در کره زمین زندگی می‌کنند به دو گروه تقسیم می‌شوند: پروکاریوت‌ها (Prokaryotes) و یوکاریوت‌ها (Eukaryotes).
- پروکاریوت‌ها نیز به دو گروه باستانی‌ها (Archaea) و باکتری‌ها (Bacteria) تقسیم می‌گردند.
- یوکاریوت‌ها به چهار گروه آغازیان (protists)، قارچ‌ها (fungi)، گیاهان (plants) و جانوران (animals) تقسیم می‌شوند.

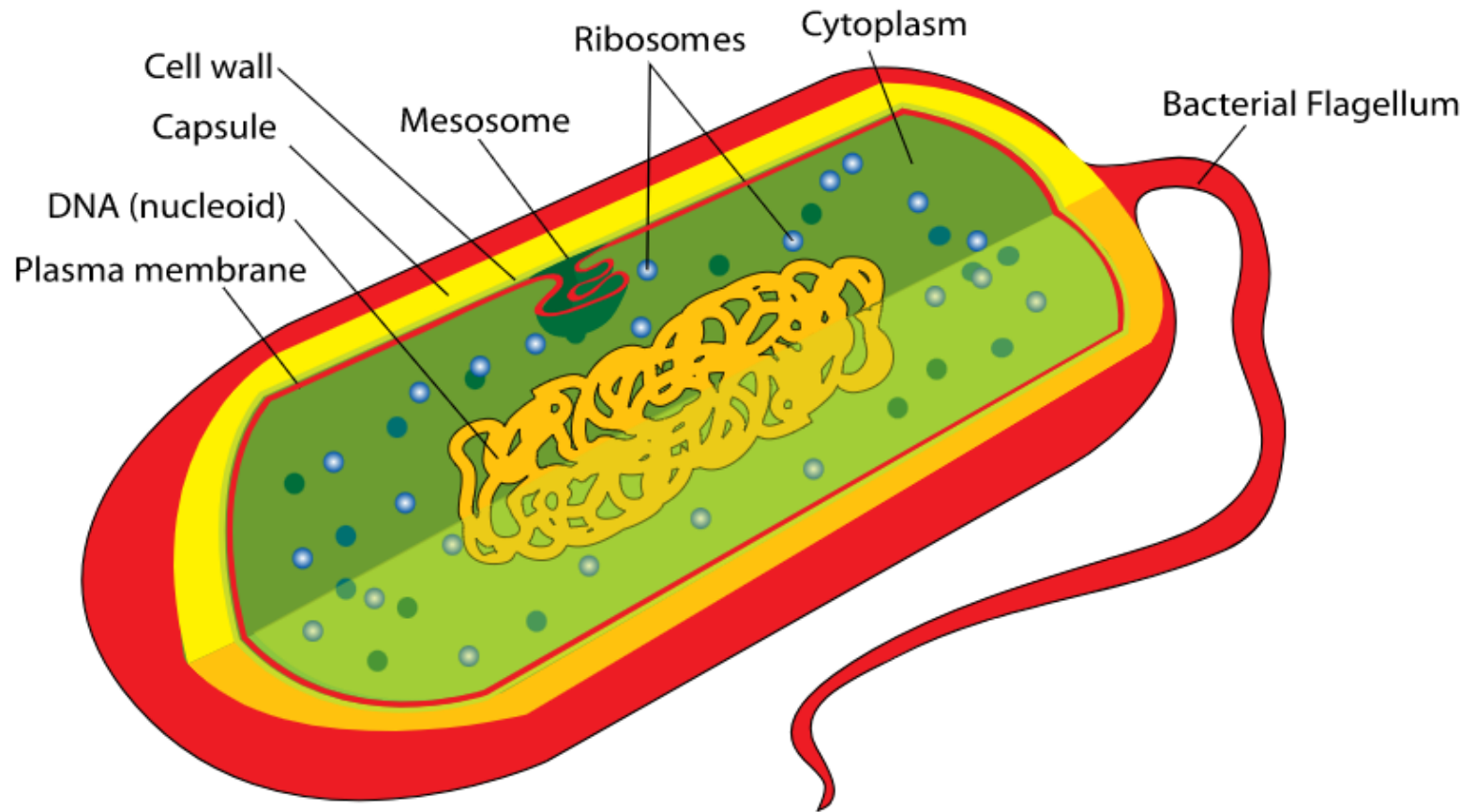


Eukaryote



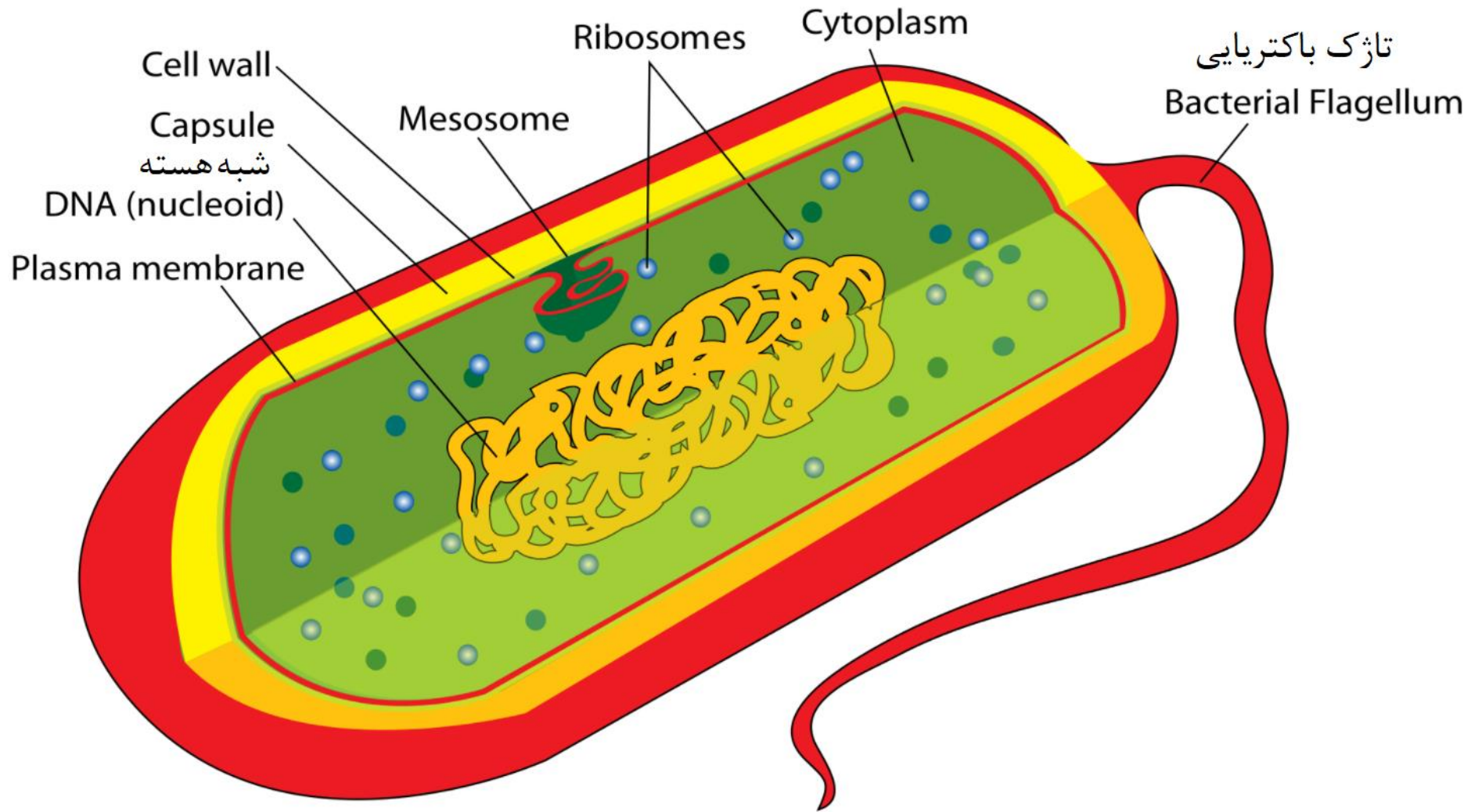
Prokaryote

پروکاریوت‌ها (Prokaryotes)



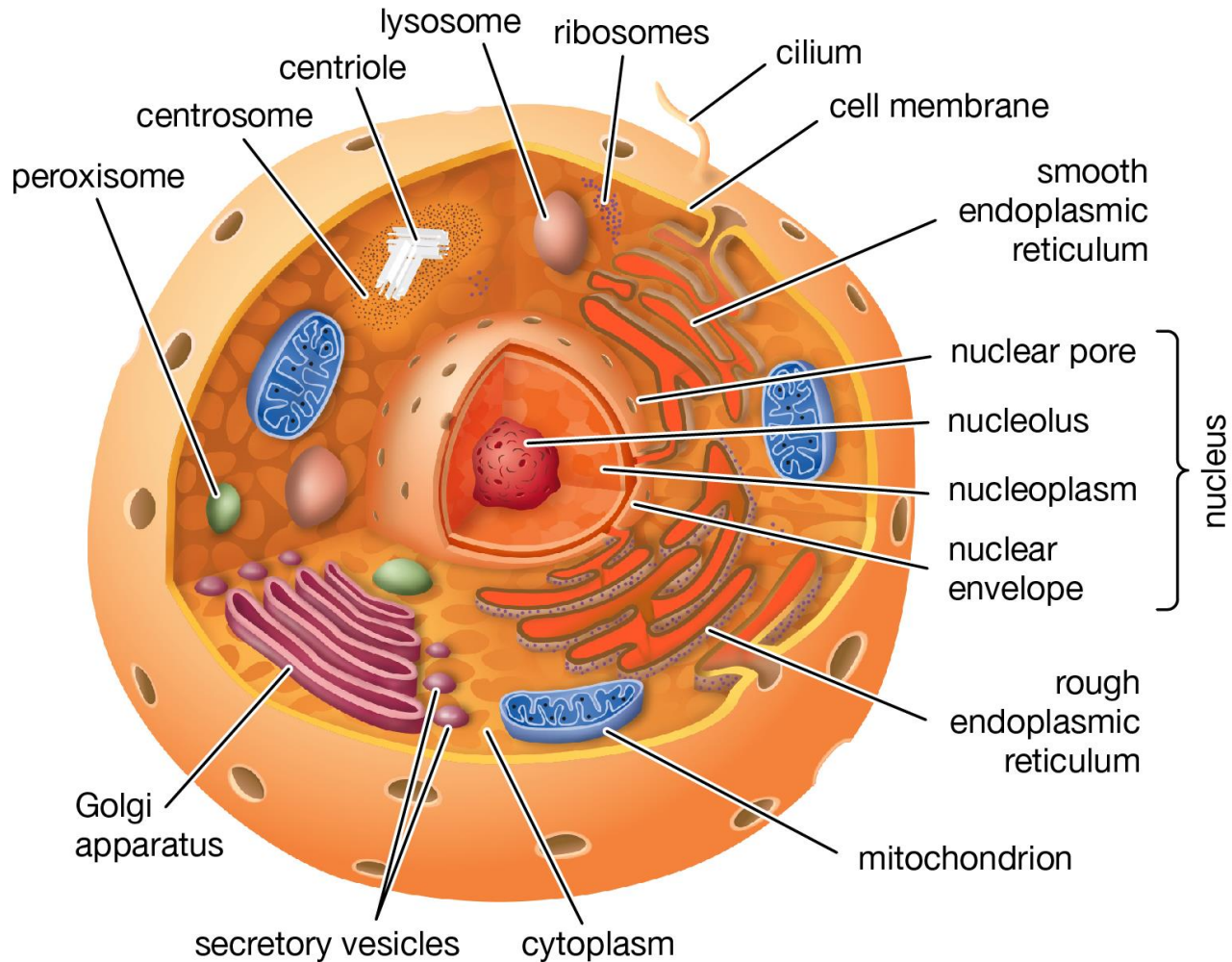
Prokaryote

پروکاریوت‌ها (Prokaryotes)



یوکاریوت ها (Eukaryotes)

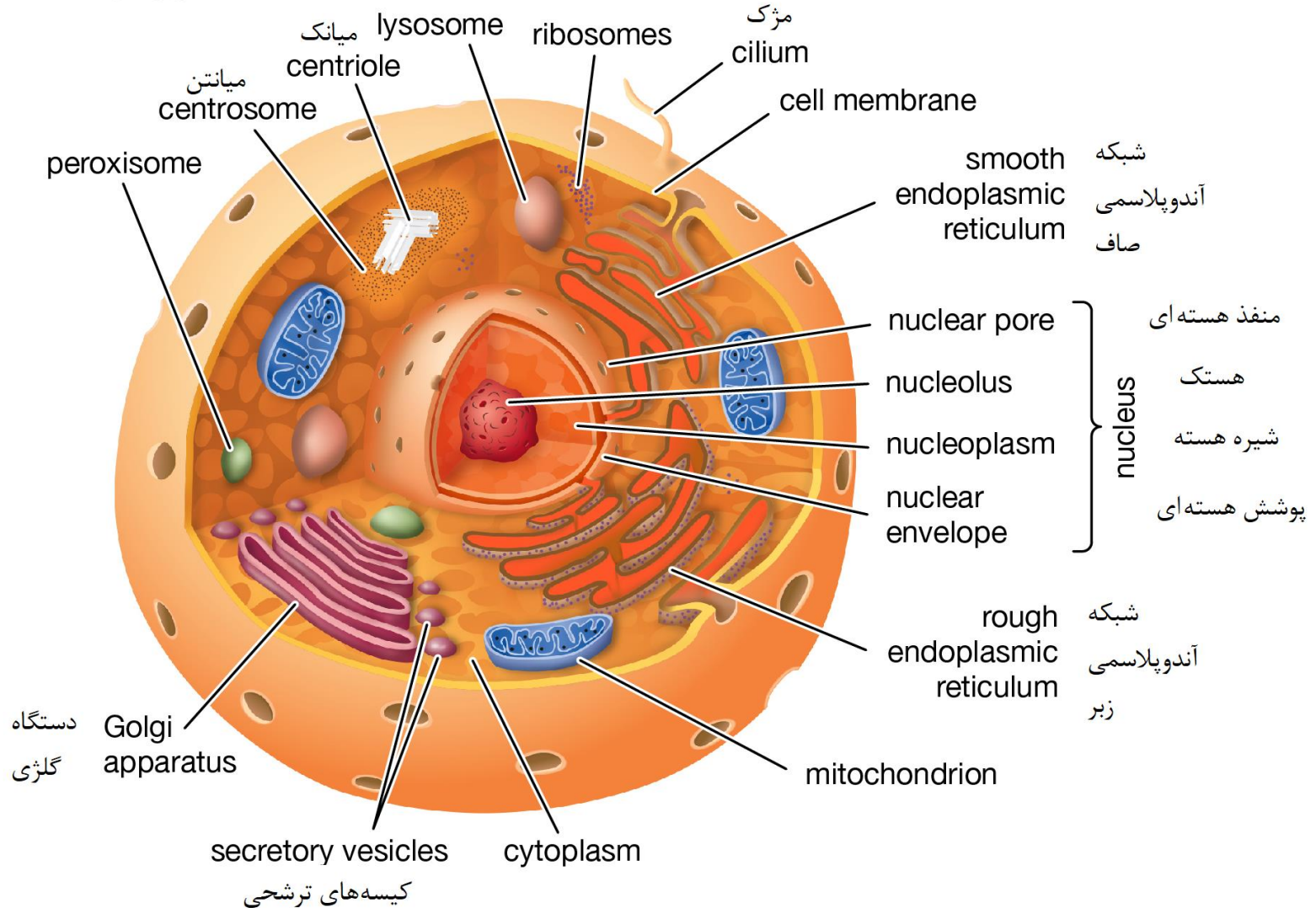
Animal cell



Eukaryote

یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

Animal cell



پروکاریوت‌ها (Prokaryotes)

- ❑ Prokaryotes are organisms whose cells lack a nucleus and other organelles.
- ❑ Prokaryotes are divided into two distinct groups: the **bacteria** and the **archaea**, which scientists believe have unique evolutionary lineages.
- ❑ Most prokaryotes are small, single-celled organisms that have a relatively simple structure.

- ❑ پروکاریوت‌ها موجوداتی هستند که سلول‌های آن‌ها فاقد هسته و سایر اندامک‌ها هستند.
- ❑ پروکاریوت‌ها به دو گروه مجزا تقسیم می‌شوند: **باکتری‌ها** و **باستانی‌ها**، که دانشمندان معتقدند دودمان تکاملی منحصر به فردی دارند.
- ❑ اکثر پروکاریوت‌ها موجودات کوچک تک‌سلولی هستند که ساختار نسبتاً ساده‌ای دارند.

یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

- ❑ eukaryote, any cell or organism that possesses a clearly defined nucleus.
- ❑ The eukaryotic cell has a nuclear membrane that surrounds the nucleus, in which the well-defined chromosomes (bodies containing the hereditary material) are located.
- ❑ The four types of eukaryotes are **protists**, **fungi**, **plants** and **animals**.

❑ یوکاریوت، هر سلول یا ارگانیسمی که دارای یک هسته مشخص است.

❑ سلول یوکاریوتی دارای یک غشای هسته‌ای است که هسته را احاطه کرده است،

که در آن کروموزوم‌های کاملاً مشخص (اجسام حاوی مواد ارثی) قرار دارند.

❑ چهار نوع یوکاریوت عبارتند از: **آغازیان**، **قارچ‌ها**، **گیاهان** و **جانوران**.

Differentiate bacterial species

- ❑ Being able to differentiate bacterial species is important for a host of reasons, from diagnosing infection or checking food safety, to identifying which species it is that gives a cheese its fantastic character.
- ❑ Bacterial species, and even specific strains can be differentiated using a number of molecular techniques such as PCR, quantitative PCR, genome sequencing and mass spectrometry.
- ❑ But even without getting into the molecular **nitty gritty**, there are **phenotypic** differences between groups of bacteria that can be used to differentiate them.

تمایز کردن گونه‌های باکتریایی

- توانایی تمایز گونه‌های باکتریایی به دلایل زیادی مهم است، از تشخیص عفونت یا بررسی ایمنی غذا گرفته تا شناسایی گونه‌هایی که به پنیر خاصیت خارق‌العاده‌ای می‌دهند.
- گونه‌های باکتریایی و حتی سویه‌های خاص را می‌توان با استفاده از تعدادی تکنیک مولکولی مانند PCR، PCR کمی، توالی‌یابی ژنوم و طیف‌سنجی جرمی تمایز داد.
- اما حتی بدون وارد شدن به **جنبه‌های مهم** مولکولی، تفاوت‌های **رُخمودی** بین گروه‌هایی از باکتری‌ها وجود دارد که می‌توان از آن تفاوت‌ها برای تمایز آن‌ها استفاده کرد.

PCR (Polymerase chain reaction)

- ❑ Polymerase chain reaction (PCR) is a method widely used to rapidly make millions to billions of copies (complete copies or partial copies) of a specific DNA sample, allowing scientists to take a very small sample of DNA and amplify it (or a part of it) to a large enough amount to study in detail.
- ❑ PCR was invented in 1983 by the American biochemist Kary Mullis at Cetus Corporation.

❑ واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) روشی است که به‌طور گسترده برای ایجاد سریع میلیون‌ها تا میلیارد‌ها نسخه (کپی کامل یا کپی جزئی) از یک نمونه DNA خاص استفاده می‌شود و به دانشمندان این امکان را می‌دهد که نمونه بسیار کوچکی از DNA گرفته و آن (یا بخشی از آن) را به مقدار کافی برای مطالعه جزئیات تقویت کنند.

Differentiate bacterial species

- ❑ This includes characteristics like their shape (bacilli vs cocci for example), growth in particular nutrients and preference for high or low oxygen environments.
- ❑ Depending on the characteristic being studied, bacterial species may be broken down into broad groups, but taken together this information can narrow the possible identities greatly.
- ❑ One such useful classification – if a bacterium is **Gram positive** or **Gram negative** - is based on the structure of bacterial cell walls.

Bacillus → Bacilli

Coccus → Cocci

متمایز کردن گونه‌های باکتریایی

- این شامل ویژگی‌هایی مانند شکل آن‌ها (به عنوان مثال باسیل‌ها در مقابل کوکسی‌ها)، رشد در مواد مغذی خاص و ترجیح برای محیط‌های با اکسیژن زیاد یا کم است.
- بسته به ویژگی مورد مطالعه، گونه‌های باکتریایی ممکن است به گروه‌های وسیعی تقسیم شوند، اما در کنار هم قرار دادن این اطلاعات می‌تواند هویت‌های احتمالی را تا حد زیادی محدود کند.
- یکی از این دسته‌بندی‌های مفید - اگر یک باکتری گرم مثبت یا گرم منفی باشد - بر اساس ساختار دیواره‌های سلولی باکتریایی است.

باسیل: نوعی باکتری میله‌ای شکل که طول آن دو یا چند برابر قطر آن است کوکسی: باکتری حلقوی یا گرد شکل

Gram positive vs Gram negative bacteria

Gram positive bacteria	Gram negative bacteria
Distinctive purple appearance after gram staining	Pale reddish color after gram staining
Bacteria include all staphylococci, all streptococci and some listeria species	Bacteria include enterococci, salmonella species and pseudomonas species
Thick peptidoglycan layer	Thin peptidoglycan layer
No outer lipid membrane	Outer lipid membrane present
No O-specific side chains present	O-specific side chains present
Teichoic and lipoteichoic acids present	Teichoic and lipoteichoic acids not present

باکتری‌های گرم مثبت در مقابل باکتری‌های گرم منفی

باکتری‌های گرم مثبت	باکتری‌های گرم منفی
ظاهر بنفش متمایز پس از رنگ‌آمیزی گرم	رنگ مایل به قرمز کم‌رنگ پس از رنگ‌آمیزی گرم
باکتری‌ها شامل همه استافیلوکوکسی‌ها، همه استرپتوکوکسی‌ها و برخی از گونه‌های لیستریا هستند	باکتری‌ها شامل انتروکوکسی‌ها، گونه‌های سالمونلا و گونه‌های سودوموناس (شبه‌تک‌میله) هستند
لایه پپتیدوگلیکان ضخیم	لایه پپتیدوگلیکان نازک
بدون غشای لیپیدی خارجی	وجود غشای لیپیدی خارجی
هیچ زنجیره جانبی O-specific وجود ندارد	وجود زنجیره‌های جانبی O-specific
اسیدهای تیکوئیک و لیپوتیکوئیک موجود هستند	اسیدهای تیکوئیک و لیپوتیکوئیک وجود ندارند

باکتری‌های گرم مثبت در مقابل باکتری‌های گرم منفی

لیپید: چربی، مواد چربی که شامل پیه، موم، فسفاتید، و سروبوزیدها می‌باشد.

پپتیدوگلیکان: دیواره سلولی باکتریایی

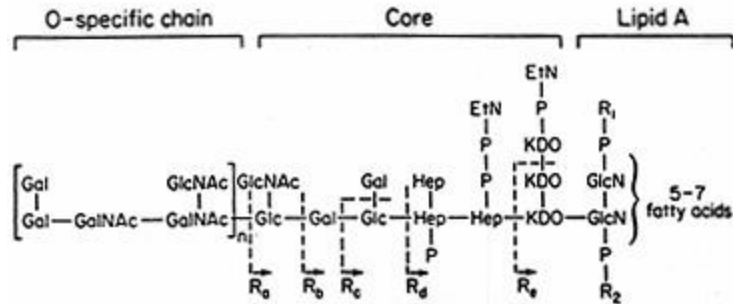
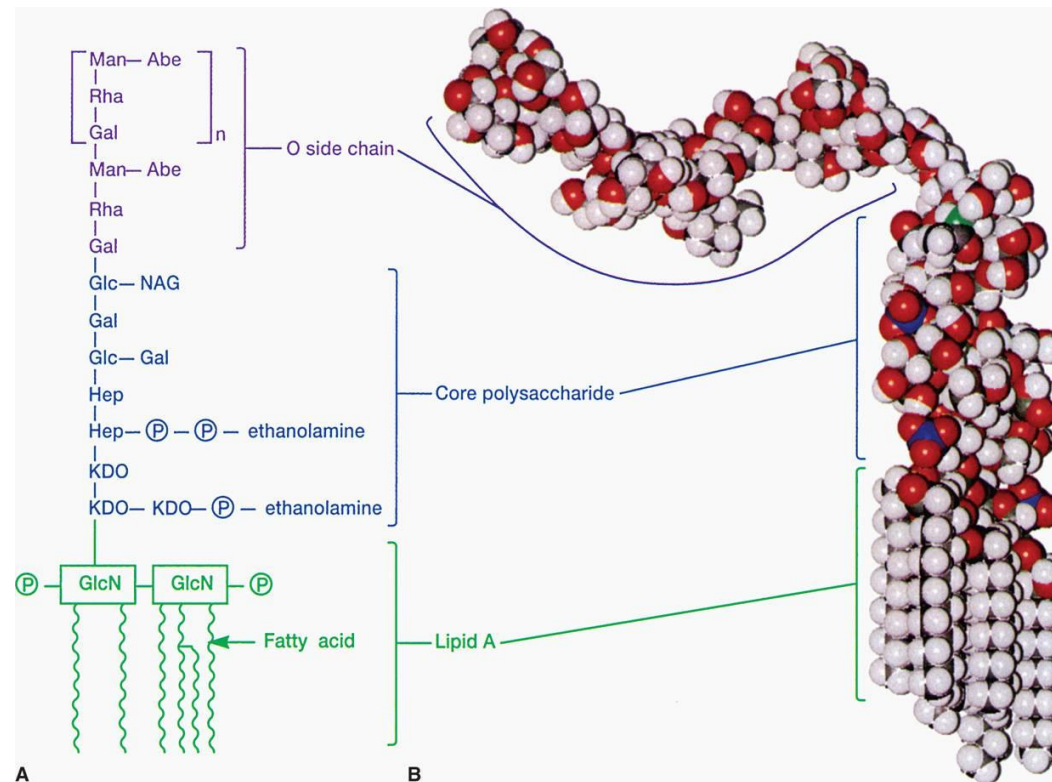
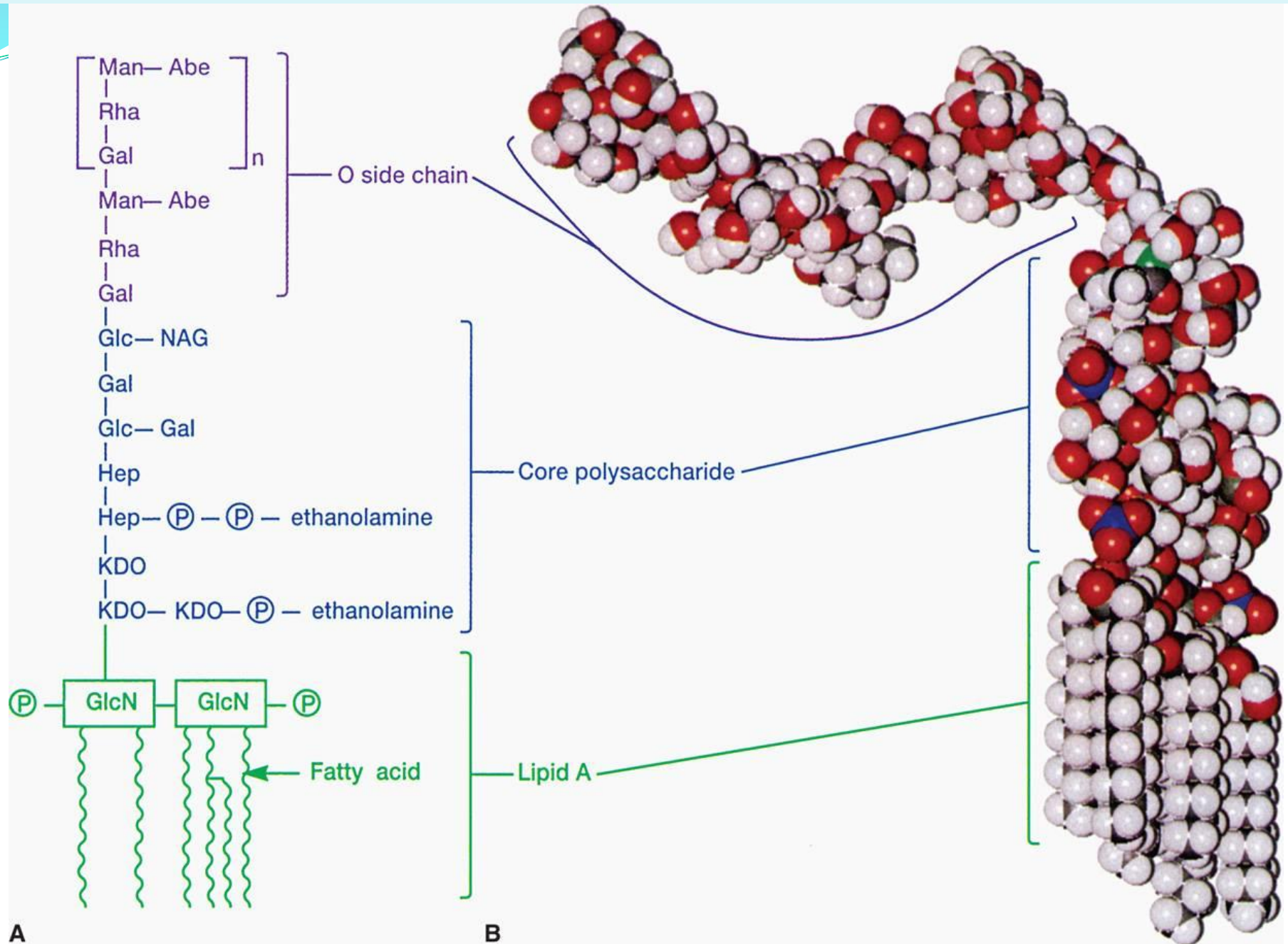


Figure 3. General Structure of *Salmonella* LPS. Glc = glucose; GlcNac = N-acetylglucosamine; Gal = galactose; Hep = heptose; P = phosphate; Etn = ethanolamine; R₁ and R₂ = phosphoethanolamine or aminoarabinose. R_a to R_e indicate incomplete forms of LPS. The Rd2 phenotype (not shown) would have only a single heptose unit. The R_c, Rd2, and Rd1 mutants lack the phosphate group attached to Hep.



باکتری‌های گرم مثبت در مقابل باکتری‌های گرم منفی



Difference in structure of Gram positive vs Gram negative bacteria

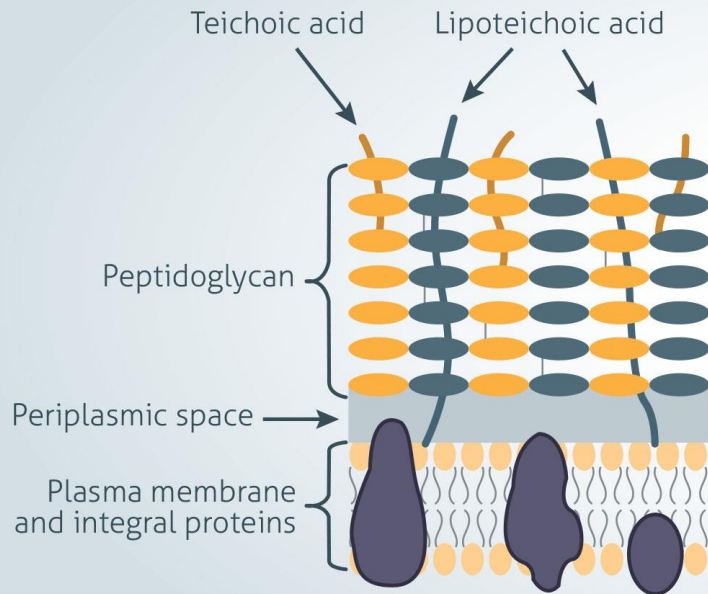
- ❑ The diagram below illustrates the differences in the structure of Gram positive and Gram negative bacteria.
- ❑ The two key features that lead to the differing visualization properties of Gram positive and Gram negative species are the thickness of the peptidoglycan layer and presence or absence of the outer lipid membrane.
- ❑ This is because the wall structure affects the cell's ability to retain the crystal violet stain used in the Gram staining procedure which can then be visualized under a light microscope.

تفاوت در ساختار باکتری‌های گرم مثبت در مقابل گرم منفی

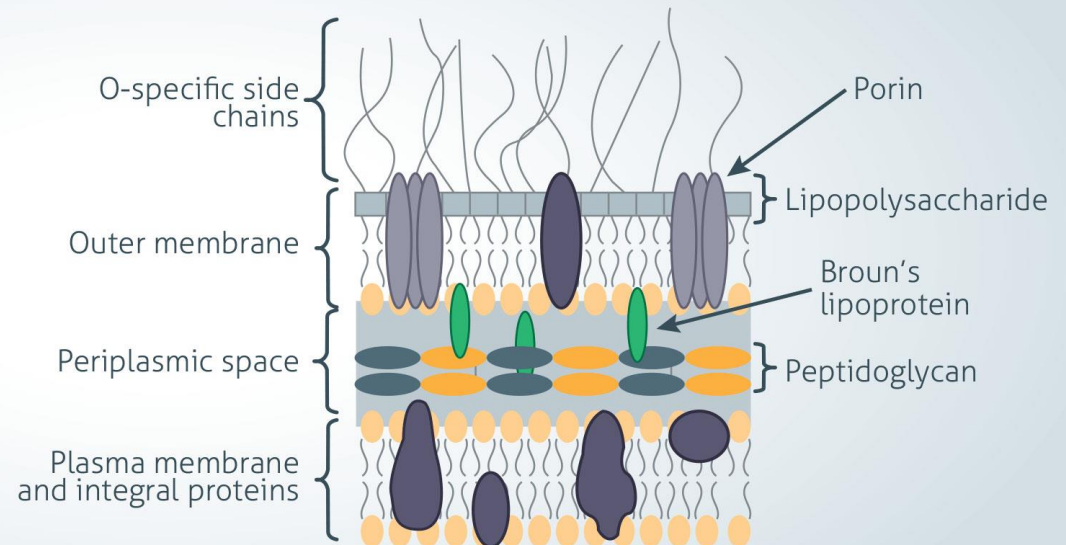
- ❑ نمودار زیر تفاوت در ساختار باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را نشان می‌دهد.
- ❑ دو ویژگی کلیدی که منجر به ویژگی‌های تجسم متفاوت گونه‌های گرم مثبت و گرم منفی می‌شوند، ضخامت لایه پتیدوگلیکان و وجود یا عدم وجود غشای لیپیدی خارجی است.
- ❑ علت آن این است که ساختار دیواره برروی توانایی سلول برای حفظ رنگ بنفش کریستالی مورد استفاده در روش رنگ‌آمیزی گرم تأثیر می‌گذارد که سپس می‌توان آن را زیر میکروسکوپ نوری مشاهده کرد.

Gram positive vs Gram negative bacteria

GRAM (+) CELL-WALL



GRAM (-) CELL-WALL



Gram positive vs Gram negative bacteria

Porin: any of a class of proteins whose molecules can form channels (large enough to allow the passage of small ions and molecules) through cellular membranes.

هر یک از دسته‌ای از پروتئین‌ها که مولکول‌های آن می‌توانند کانال‌هایی (به اندازه کافی بزرگ برای عبور یون‌ها و مولکول‌های کوچک) از غشای سلولی ایجاد کنند.

پروتئین‌های جدایی‌ناپذیر، بنیادی، سازنده: integral proteins

فضای اطراف پلاسما: periplasmic space

فضای میان‌غشایی، فضای بین غشای درونی و غشای بیرونی در باکتری‌ها

❑ Braun's lipoprotein (BLP, Lpp, murein lipoprotein, or major outer membrane lipoprotein), found in some gram-negative cell walls, is one of the most abundant membrane proteins.

❑ its molecular **weight is about 7.2 kDa**.

❑ BLP tightly links the two layers and provides structural integrity to the outer membrane.

❑ لیپوپروتئین براون (Lpp, BLP, لیپوپروتئین مورئین یا لیپوپروتئین غشای خارجی اصلی)، که در برخی از دیواره‌های سلولی گرم منفی یافت می‌شود، یکی از فراوان‌ترین پروتئین‌های غشایی است.

❑ وزن مولکولی آن حدود ۷/۲ کیلو دالتون است.

❑ BLP دو لایه را محکم به هم متصل می‌کند و یکپارچگی ساختاری غشای بیرونی را فراهم می‌کند.

Difference in structure of Gram positive vs Gram negative bacteria

- ❑ Gram positive bacteria have a thick peptidoglycan layer and no outer lipid membrane whilst Gram negative bacteria have a thin peptidoglycan layer and have an outer lipid membrane.
- ❑ As **Gram positive** bacteria lack an outer lipid membrane, when correctly referring to their structure rather than staining properties, are termed **monoderms**.
- ❑ The outer lipid membrane possessed by **Gram negative** bacteria means that, when referring to their physical structure, they are termed **diderms**.
- ❑ The Gram staining technique was developed in 1884 by Danish bacteriologist Hans Christian Gram.
- ❑ Whilst a Gram stain will not tell you the specific species you are looking at, it can be a quick way to narrow down greatly the list of potential candidates and direct follow-up testing where necessary.

تفاوت در ساختار باکتری‌های گرم مثبت در مقابل گرم منفی

- ❑ باکتری‌های گرم مثبت دارای یک لایه پپتیدوگلیکان ضخیم و بدون غشای لیپیدی خارجی هستند درحالیکه باکتری‌های گرم منفی دارای یک لایه پپتیدوگلیکان نازک و دارای غشای لیپیدی خارجی هستند.
- ❑ از آنجاییکه باکتری‌های **گرم مثبت** فاقد غشای لیپیدی خارجی هستند، هنگامیکه به جای خواص رنگ‌آمیزی به‌طور صحیح به ساختار آن‌ها اشاره شود، **مونودرم‌ها (تک‌پوست)** نامیده می‌شوند.
- ❑ غشای لیپیدی خارجی که توسط باکتری‌های **گرم منفی** وجود دارد به این معنی است که وقتی به ساختار فیزیکی آن‌ها اشاره می‌شود، آن‌ها را **دیدرم‌ها (دوپوست)** می‌نامند.
- ❑ تکنیک رنگ‌آمیزی گرم (گرام) در سال ۱۸۸۴ توسط باکتری‌شناس دانمارکی هانس کریستین گرام ابداع شد.
- ❑ درحالیکه رنگ‌آمیزی گرم گونه خاصی را که به آن نگاه می‌کنید به شما نخواهد گفت، اما می‌تواند راهی سریع برای تا حد زیادی محدود کردن فهرست نامزدهای بالقوه و آزمایش پیگیری مستقیم در صورت لزوم باشد.

Hans Christian Joachim Gram

- Hans Christian Joachim Gram (13 September 1853 – 14 November 1938) was a Danish bacteriologist noted for his development of the Gram stain, still a standard technique to classify bacteria and make them more visible under a microscope.

Hans Christian Gram



HANSEN & WELER

728.

Hans Christian Gram by Hansen & Weller

Born	Hans Christian Joachim Gram 13 September 1853 Copenhagen, Denmark
Died	14 November 1938 (aged 85) Copenhagen, Denmark
Known for	Inventing the Gram stain
	Scientific career
Fields	Bacteriology
Doctoral advisor	Japetus Steenstrup

هانس کریستین یواخیم گرام

Hans Christian Gram



□ هانس کریستین یواخیم گرام (۱۳ سپتامبر

۱۸۵۳ - ۱۴ نوامبر ۱۹۳۸) یک باکتری شناس

دانمارکی بود که به دلیل ایجاد رنگ آمیزی

گرام، که هنوز یک تکنیک استاندارد برای

طبقه بندی باکتری ها و قابل مشاهده تر کردن

آن ها در زیر میکروسکوپ است، مشهور شد.

Gram stain

- ❑ In Berlin, in 1884, Gram developed a method for distinguishing between two major classes of bacteria.
- ❑ This technique, known as Gram staining, continues to be a standard procedure of medical microbiology.
- ❑ This work gained Gram an international reputation.
- ❑ The staining method later played a major role in classifying bacteria.
- ❑ Gram was a modest man, and in his initial publication he remarked, "I have therefore published the method, although I am aware that as yet it is very defective and imperfect; but it is hoped that also in the hands of other investigators it will turn out to be useful."
- ❑ A Gram stain is made using a primary **stain** of **crystal violet** and a **counterstain** of **safranin**.
- ❑ Bacteria that turn purple when stained are termed 'Gram-positive', while those that turn red when counterstained are termed 'Gram-negative'.

لکه (رنگ آمیزی) گرام

گرام در سال ۱۸۸۴ در برلین روشی را برای تمایز بین دو دسته اصلی باکتری ابداع کرد.

این روش که به رنگ آمیزی گرام معروف است، همچنان یک روش استاندارد میکروبیولوژی پزشکی است.

این کار برای گرام شهرت بین المللی ایجاد کرد.

روش رنگ آمیزی بعدها نقش عمده‌ای در طبقه بندی باکتری‌ها ایفا کرد.

گرام مردی متواضع بود و در انتشار اولیه خود خاطرنشان کرد: «بنابراین من این روش را منتشر کرده‌ام، اگرچه می‌دانم که هنوز بسیار معیوب و ناقص است؛ اما امید است که تحت کنترل محققان دیگر نیز معلوم شود مفید است.»

رنگ آمیزی گرام با استفاده از رنگ (لکه) اولیه بنفش کریستالی و ضدلکه سافرانین ساخته می‌شود.

باکتری‌هایی که با رنگ آمیزی ارغوانی (بنفش) می‌شوند «گرام مثبت» نامیده می‌شوند، درحالی‌که باکتری‌هایی که قرمز می‌شوند هنگامیکه رنگ آمیزی متقابل (ثانویه) (متضاد) (مخالف) می‌شوند (ضدلکه می‌شوند) (ضدرنگ آمیزی می‌شوند) «گرام منفی» نامیده می‌شوند.

Gram positive vs Gram negative stain

Crystal Violet



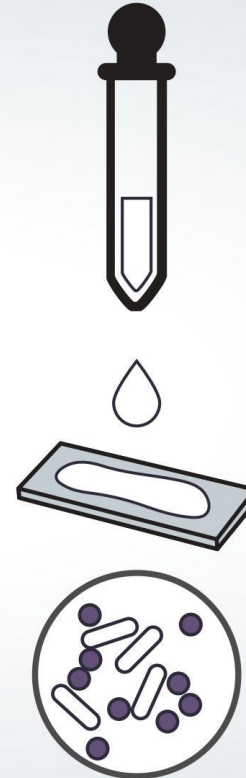
All Purple

ید
Iodine



All Purple

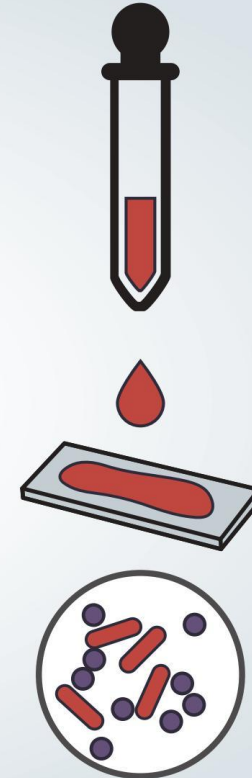
Alcohol



G+ = Purple
G- = Colorless

ماده رنگی زعفران

Safranin

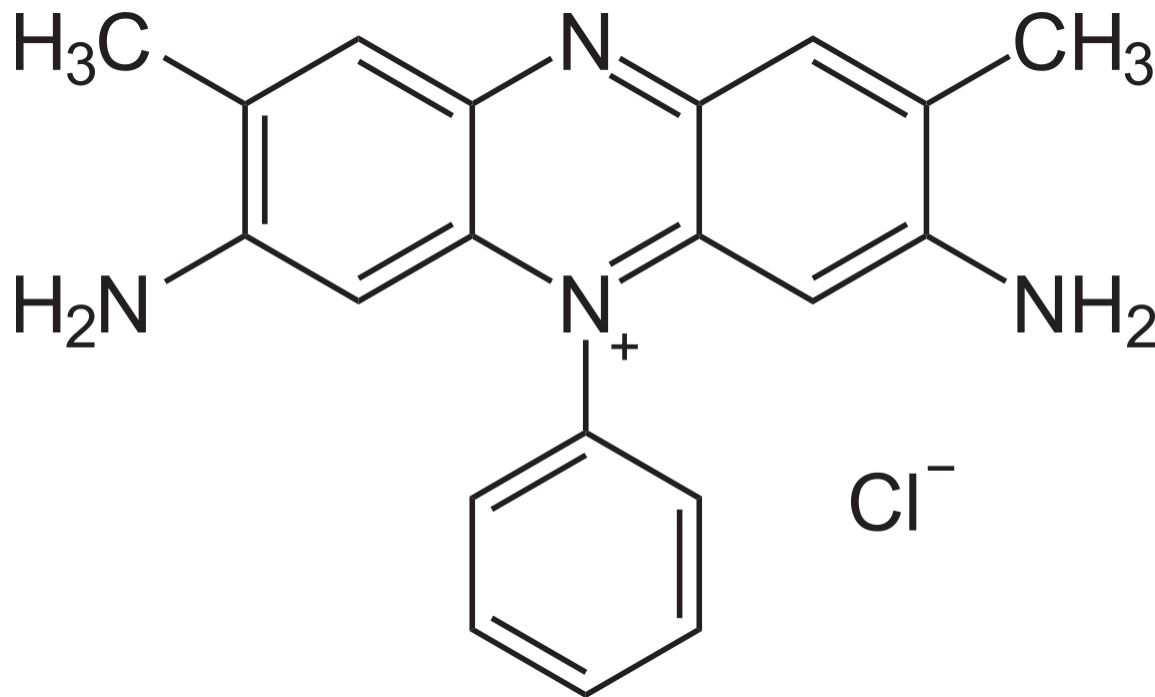


G+ = Purple
G- = Red

Safranin

Safranin (also Safranin O or basic red 2) is a biological stain used in **histology** and **cytology**. Safranin is used as a counterstain in some staining protocols, colouring cell nuclei red.

سافرانین (همچنین سافرانین O یا پایه قرمز ۲) یک رنگ بیولوژیکی است که در بافت‌شناسی و یاخته‌شناسی استفاده می‌شود. سافرانین به عنوان ضدلکه در برخی از پروتکل‌های رنگ‌آمیزی، رنگ‌آمیزی هسته سلولی قرمز استفاده می‌شود.



Gram stain procedure - Preparing a sample

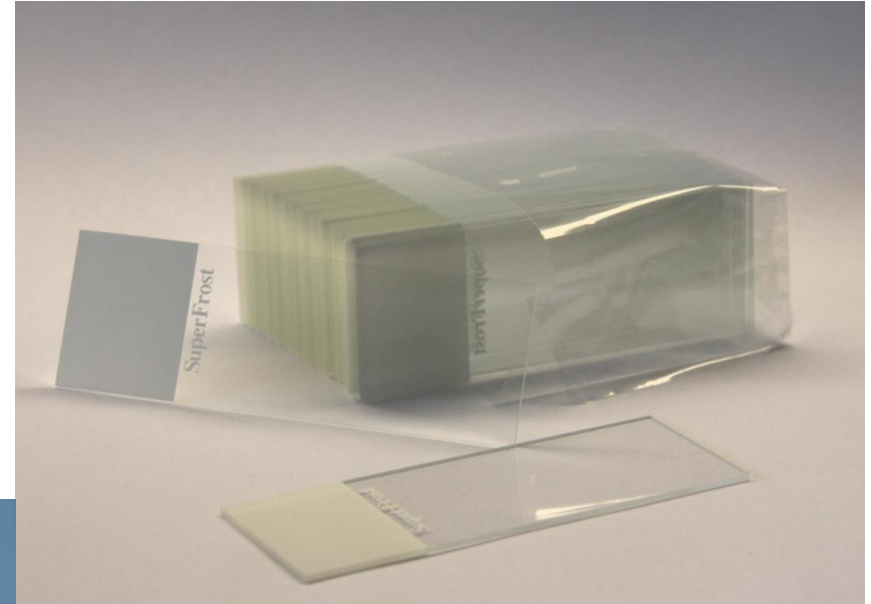
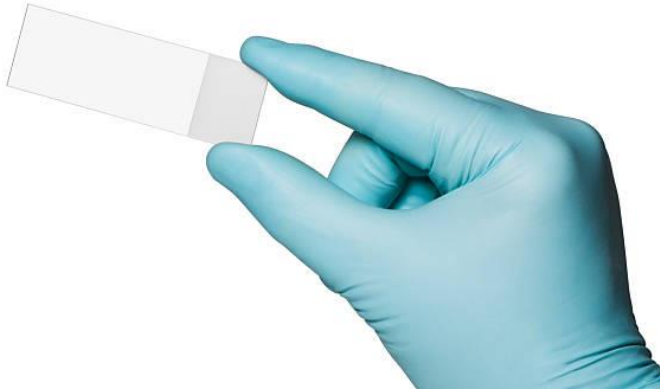
1. Label a clean glass **microscope slide** with your sample identification. Ensure you use a pencil as many inks are removed by the reagents used in the staining procedure.
2. If preparing your slide from a liquid bacterial culture:
 - ☐ **Dab** a small drop culture onto the slide using a sterile loop. Gently smear the droplet in a circular motion into an area of approximately 1 cm diameter. For very dense cultures it may be necessary to pre-dilute your culture to ensure individual bacterial cells can be seen under a microscope following staining.
 - ☐ If the source material is from a bacterial plate:
 - ☐ Resuspend a loop of **colony material** in sterile **phosphate buffered saline (PBS)** and then proceed as for a liquid culture.
3. Once the **smear** has air dried, pass the smeared slide through a flame two or three times.
 - ☐ This kills the microbes in the smear and fixes the sample to the slide, be careful not to overheat the sample however as this can distort cellular morphology.

روش رنگ آمیزی گرام - تهیه نمونه

- ۱- یک **لام (اسلاید) میکروسکوپ** شیشه‌ای تمیز را با مشخصات نمونه خود برچسب بزنید. اطمینان حاصل کنید که از یک مداد استفاده می‌کنید زیرا بسیاری از جوهرها توسط معرف‌های مورد استفاده در روش رنگ آمیزی پاک می‌شوند.
- ۲- اگر لام خود را از کشت باکتری مایع تهیه می‌کنید:
 - با استفاده از یک حلقه استریل، یک کشت قطره کوچک را روی لام **بکشید**. قطره را به آرامی با حرکات دایره‌ای در ناحیه‌ای به قطر تقریباً ۱ سانتی متر بمالید. برای کشت‌های بسیار متراکم ممکن است لازم باشد که کشت خود را از قبل رقیق کنید تا اطمینان حاصل شود که سلول‌های باکتریایی منفرد در زیر میکروسکوپ پس از رنگ آمیزی دیده می‌شوند.
 - اگر ماده منبع از یک صفحه باکتریایی باشد:
 - یک حلقه از **مواد کلونی** را در **محلول نمکی بافر فسفات (PBS)** استریل مجدداً معلق کنید و سپس مانند کشت مایع ادامه دهید.
- ۳- هنگامی که **اسمیر (نمونه)** در هوا خشک شد، لام آغشته شده را دو یا سه بار از روی شعله رد کنید.
 - این کار میکروب‌های اسمیر را از بین می‌برد و نمونه را روی لام ثابت می‌کند، با این وجود مراقب باشید که نمونه بیش از حد گرم نشود، از آنجاییکه این امر می‌تواند مورفولوژی سلولی را مخدوش کند.

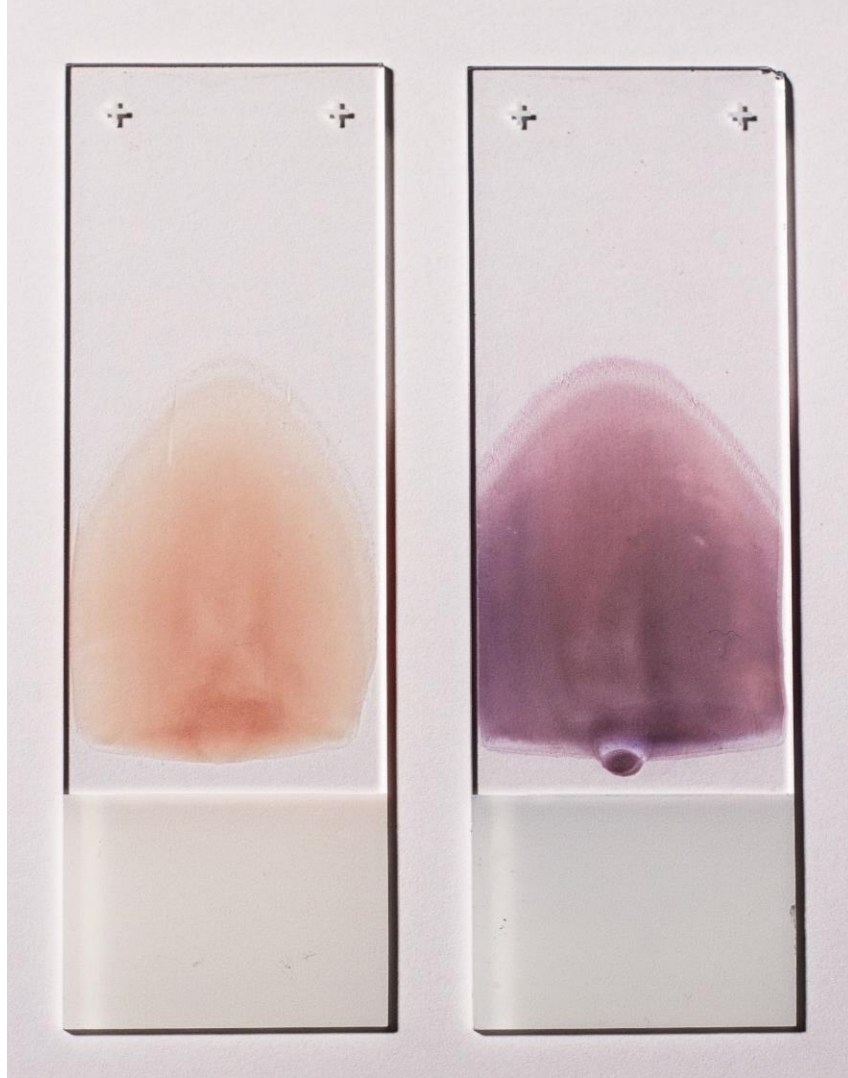
microscope slide

□ لام (اسلاید) میکروسکوپی

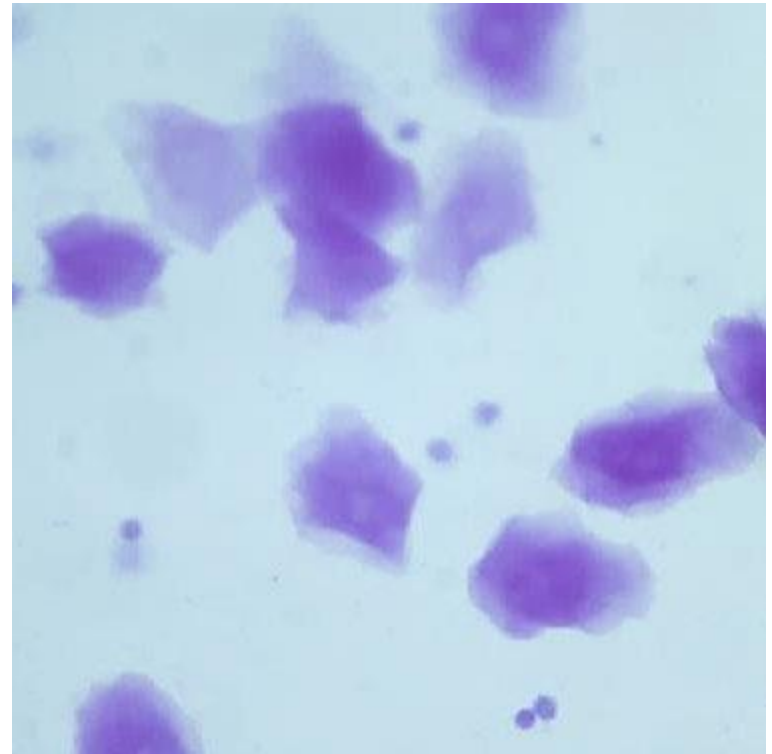


Smear

□ اسمیر: نمونه (نمونه‌ای از مواد که به صورت نازک روی لام میکروسکوپ پخش می‌شود تا بررسی شود، معمولاً برای تشخیص پزشکی)



Blood smear



Crystal violet smear

Gram stain procedure - Gram staining a sample

1. Gently flood the smear with **crystal violet** and leave for 1 minute. Tilt the slide slightly and gently rinse with tap water or distilled water.

☐ **Crystal violet** is a water-soluble dye which enters the peptidoglycan layer in the bacterial cell wall.

2. Gently flood the smear with **Gram's iodine** and leave for 1 minute. Tilt the slide slightly and gently rinse with tap water or distilled water. The smear will now appear purple.

☐ Gram's iodine solution (iodine and potassium iodide) is added to form a complex with the crystal violet, which is much larger and is insoluble in water.

☐ 3. Decolorize the smear using 95% ethyl alcohol or acetone. Tilt the slide slightly and apply the alcohol drop by drop until the alcohol runs almost clear (5-10 seconds). Immediately rinse with water to avoid over-decolorizing.

روش رنگ آمیزی گرم - رنگ آمیزی گرم یک نمونه

۱- به آرامی اسمیر را با بنفش کریستالی پر کنید و بگذارید ۱ دقیقه بماند. لام را کمی کج کنید و به آرامی با آب لوله کشی یا آب مقطر بشویید.

□ بنفش کریستالی یک رنگ محلول در آب است که وارد لایه پتیدوگلیکان در دیواره سلولی باکتری می شود.

۲- به آرامی اسمیر را با **ید گرام** آغشته کنید و بگذارید ۱ دقیقه بماند. لام را کمی کج کنید و به آرامی با آب لوله کشی یا آب مقطر بشویید. اکنون اسمیر بنفش به نظر می رسد.

□ محلول ید گرام (ید و یدید پتاسیم) برای تشکیل کمپلکس با بنفش کریستالی که بسیار بزرگتر است و در آب نامحلول است، اضافه می شود.

۳- اسمیر را با استفاده از اتیل الکل ۹۵ درصد یا استون رنگ زدایی کنید. لام را کمی کج کنید و الکل را قطره قطره بمالید تا الکل تقریباً شفاف شود (۱۰-۵ ثانیه). برای جلوگیری از رنگ زدایی بیش از حد، فوراً با آب بشویید.

Gram stain procedure - Gram staining a sample

- ❑ **Decolorizer** dehydrates the peptidoglycan layer, shrinking and tightening it. In Gram positive bacteria, the large crystal **violet-iodine complexes** are then unable to penetrate and escape the thick peptidoglycan layer, resulting in purple stained cells. However, in Gram negative bacteria, the outer membrane is degraded, the thin peptidoglycan layer is unable to retain the **crystal violet-iodine complexes** and the color is lost.
- 4. Gently flood with safranin counterstain and leave for 45 seconds. Tilt the slide slightly and gently rinse with tap water or distilled water.
- ❑ Safranin is weakly water soluble and will stain bacterial cells a light red, enabling visualization of Gram negative cells without interfering with the observation of the purple of the Gram positive cells.
- ❑ 5. Blot the slide dry on filter paper then view the smear using a light-microscope **under oil-immersion**.

روش رنگ آمیزی گرم - رنگ آمیزی گرم یک نمونه

□ رنگ زدا لایه پتیدوگلیکان را کم آب کرده و آن را منقبض و سفت می کند. در باکتری های گرم مثبت، کمپلکس های بنفش کریستالی-ید قادر به نفوذ و فرار از لایه ضخیم پتیدوگلیکان نیستند و در نتیجه سلول ها بنفش رنگ می شوند. با این حال، در باکتری های گرم منفی، غشای خارجی تخریب می شود، لایه نازک پتیدوگلیکان قادر به حفظ کمپلکس های بنفش کریستالی-ید نیست و رنگ از بین می رود.

۴- به آرامی با ضدلکه سافرانین آبکشی کنید و بگذارید ۴۵ ثانیه بماند. لام را کمی کج کنید و به آرامی با آب لوله کشی یا آب مقطر بشویید.

□ سافرانین محلول ضعیفی در آب است و سلول های باکتریایی را به رنگ قرمز روشن در می آورد و امکان تجسم سلول های گرم منفی را بدون تداخل در مشاهده بنفش سلول های گرم مثبت فراهم می کند.

۵- لام را روی کاغذ صافی خشک کنید، سپس اسمیر را با استفاده از میکروسکوپ نوری تحت غوطه وری - در روغن مشاهده کنید.

Gram positive vs Gram negative color

❑ Gram positive bacteria

- ❑ Gram positive bacteria have a distinctive purple appearance when observed under a light microscope following Gram staining.
- ❑ This is due to retention of the purple **crystal violet** stain in the **thick peptidoglycan layer** of the cell wall.
- ❑ Examples of Gram positive bacteria include all staphylococci, all streptococci and some listeria species.

رنگ گرام مثبت در مقابل گرام منفی

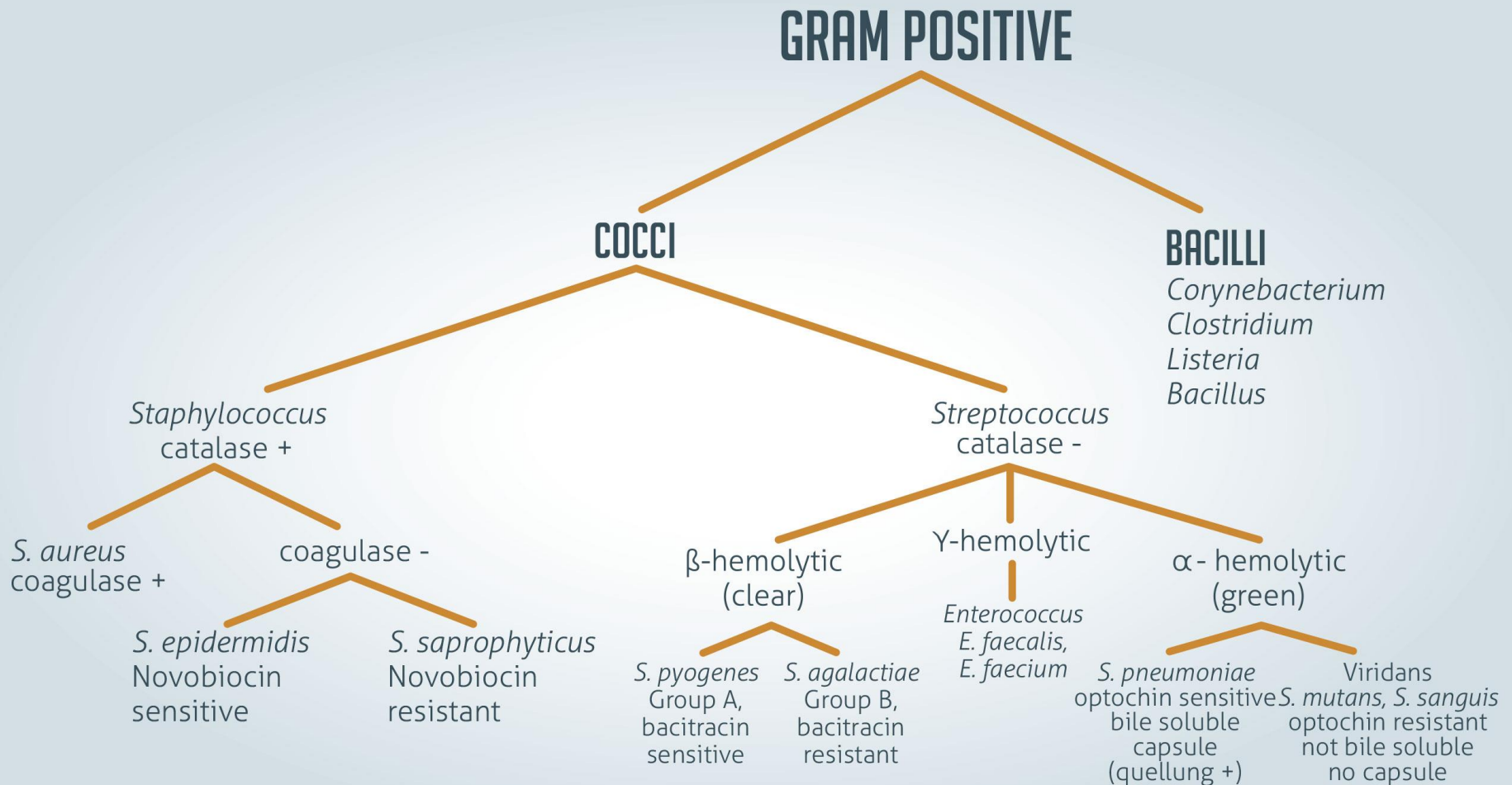
□ باکتری‌های گرام مثبت

□ باکتری‌های گرام مثبت زمانی که زیر میکروسکوپ نوری پس از رنگ‌آمیزی گرام مشاهده می‌شوند، ظاهر بنفش مشخصی دارند.

□ این به دلیل باقی ماندن لکه «بنفش کریستالی» بنفش در لایه ضخیم پپتیدوگلیکان دیواره سلولی است.

□ نمونه‌هایی از باکتری‌های گرام مثبت شامل تمام استافیلوکوکسی‌ها، همه استرپتوکوکسی‌ها و برخی از گونه‌های لیستریا می‌باشد.

Gram positive bacteria



Gram positive vs Gram negative color

- ❑ Gram negative bacteria
- ❑ Gram negative bacteria appear a **pale reddish color** when observed under a light microscope following Gram staining.
- ❑ This is because the structure of their cell wall is unable to retain the crystal violet stain so are colored only by the **safranin counterstain**.
- ❑ Examples of Gram negative bacteria include enterococci, salmonella species and pseudomonas species.

رنگ گرم مثبت در مقابل گرم منفی

□ باکتری‌های گرم منفی

- باکتری‌های گرم منفی با مشاهده زیر میکروسکوپ نوری پس از رنگ‌آمیزی گرم، به رنگ مایل به قرمز کم‌رنگ ظاهر می‌شوند.
- علت این امر این است که ساختار دیواره سلولی آن‌ها قادر به حفظ لکه بنفش کریستالی نیست، بنابراین فقط توسط **ضد لکه سافرانین** رنگ می‌شوند.
- نمونه‌هایی از باکتری‌های گرم منفی شامل انتروکوکسی‌ها، گونه‌های سالمونلا و گونه‌های سودوموناس هستند.

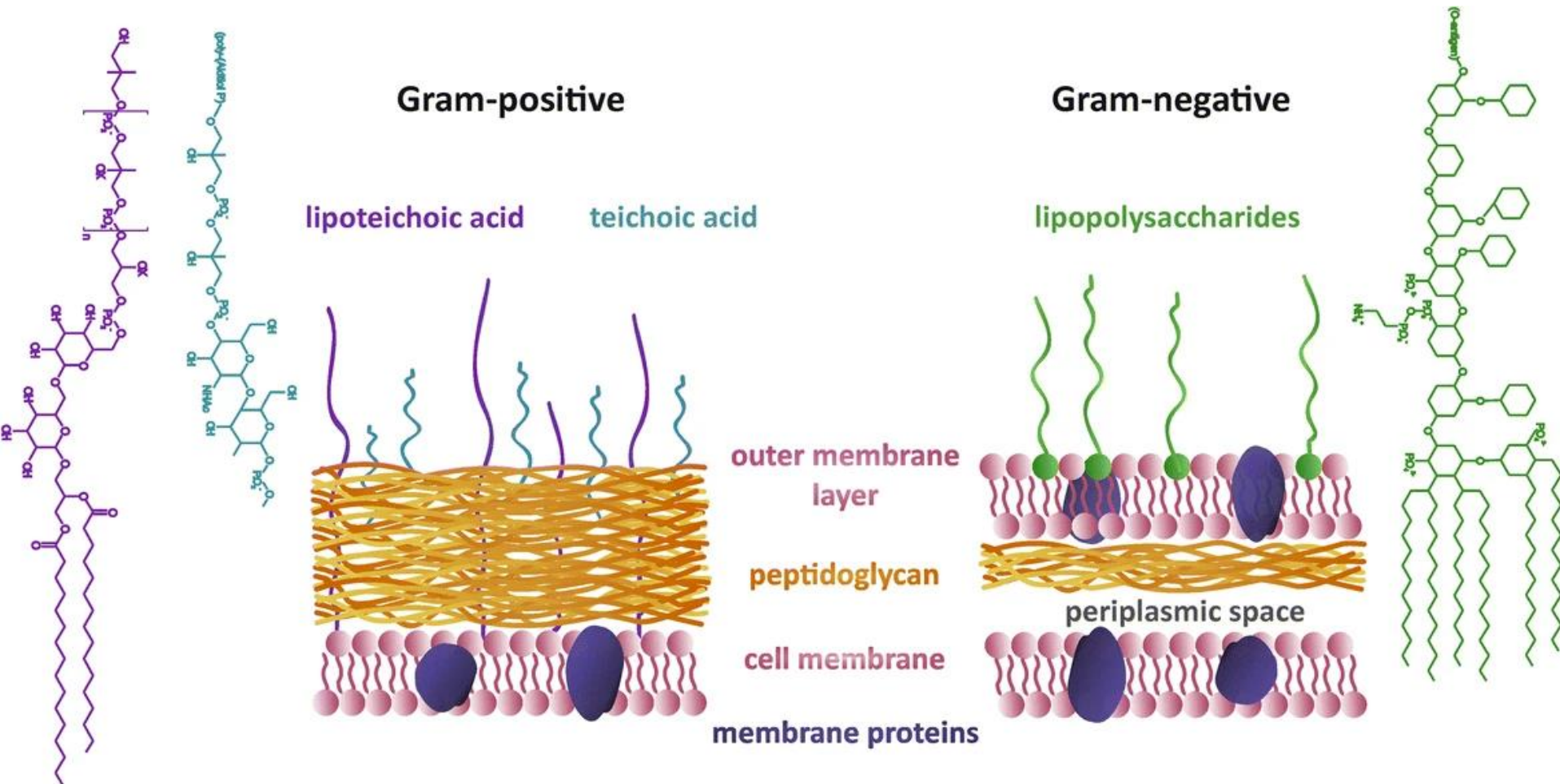
Gram positive vs Gram negative color

- ❑ Gram staining cannot be used reliably to assess bacterial **phylogenetic relationships**.
- ❑ The single membrane of Gram positive species is thought to be the ancestral state.
- ❑ Historically it had been thought that the second membrane found on Gram negative bacteria evolved just once and so all Gram negative species were more closely related to one another than they were to Gram positive species.
- ❑ However, genetic analysis has since shown this not to be the case and it is likely to have evolved multiple times in different lineages - a product of **convergent evolution**.

رنگ گرام مثبت در مقابل گرام منفی

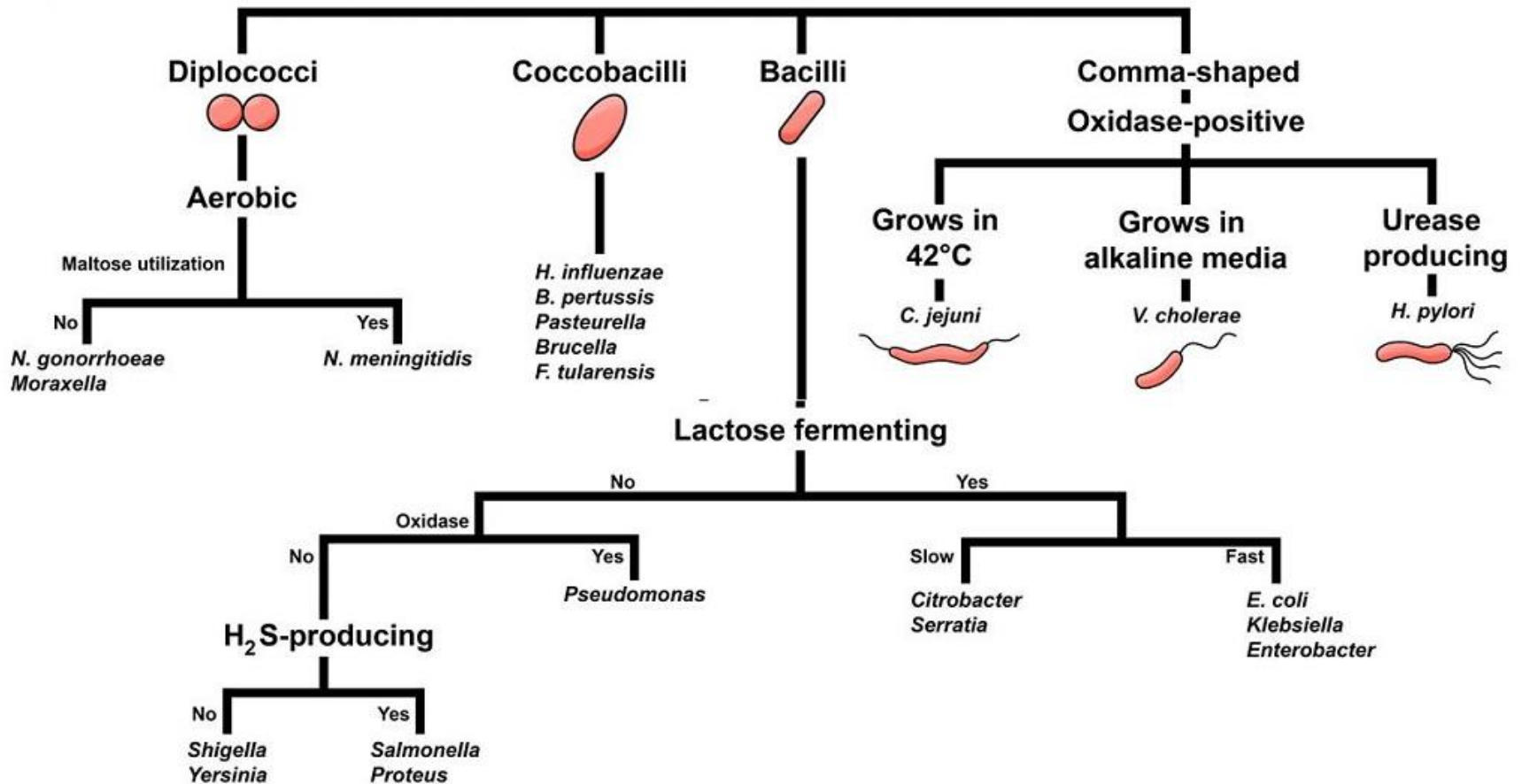
- ❑ رنگ آمیزی گرام نمی تواند به طور قابل اعتمادی برای ارزیابی **روابط فیلوژنتیکی (وابسته به تکامل نژادی)** باکتری استفاده شود.
- ❑ تصور می شود که غشای منفرد گونه های گرام مثبت، حالت اجدادی (موروثی) باشد.
- ❑ در گذشته تصور می شد که غشای دوم یافت شده روی باکتری های گرام منفی فقط یک بار تکامل یافته است و بنابراین همه گونه های گرام منفی بیشتر به یکدیگر مرتبط بودند نسبت به آنکه آن ها به گونه های گرام مثبت مرتبط بودند.
- ❑ با این حال، تجزیه و تحلیل ژنتیکی از آن زمان نشان داده است که چنین نیست و احتمالاً چندین بار در دودمان های مختلف تکامل یافته است - محصول **تکامل همگرا**.

Gram positive vs Gram negative bacteria



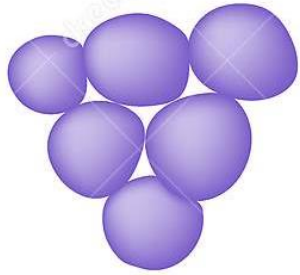
Gram negative bacteria

Gram Negative Bacteria Classification and Properties



Gram positive vs Gram negative bacteria

Gram positive bacteria



Staphylococcus aureus



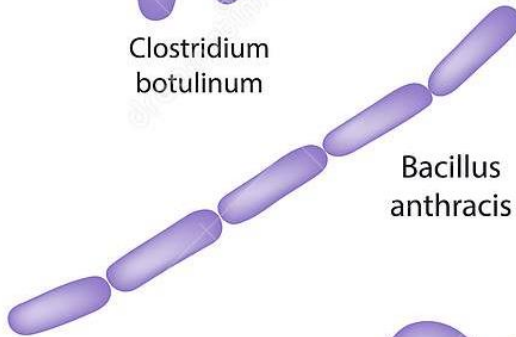
Clostridium botulinum



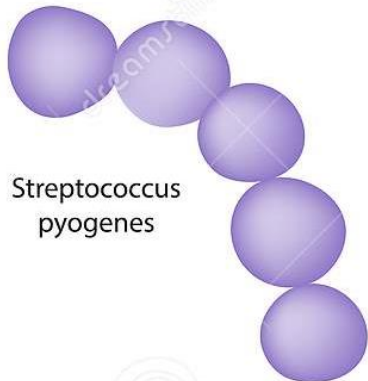
Streptococcus pneumoniae



Pseudomonas aeruginosa



Bacillus anthracis



Streptococcus pyogenes



Corynebacterium diphtheriae



Micrococcus luteus

Gram negative bacteria



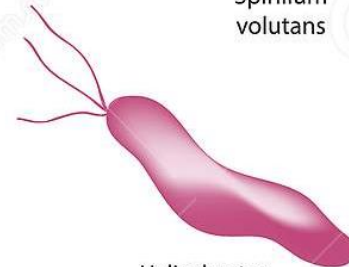
Neisseria meningitidis



Spirillum volutans



Neisseria gonorrhoeae



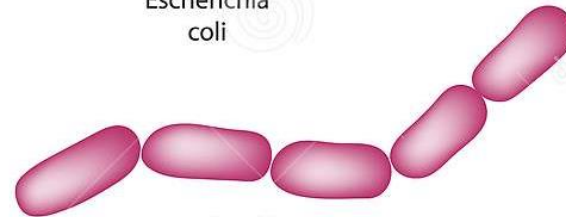
Helicobacter pylori



Escherichia coli



Treponema pallidum



Streptobacillus moniliformis

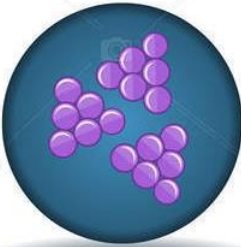


Vibrio cholerae

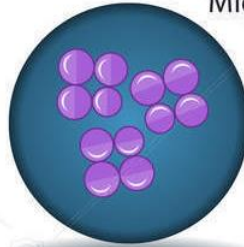
Gram positive vs Gram negative bacteria

Gram positive bacteria

Staphylococcus aureus



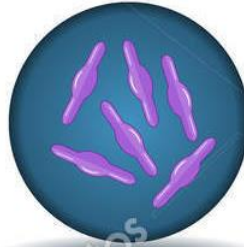
Micrococcus luteus



Pseudomonas aeruginosa



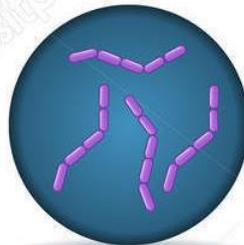
Clostridium botulinum



Streptococcus pyogenes



Bacillus anthracis

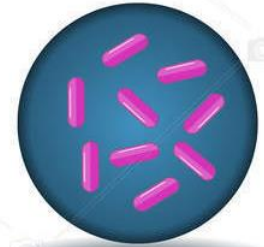


Gram negative bacteria

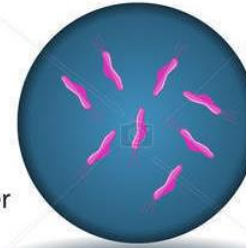
Neisseria gonorrhoeae



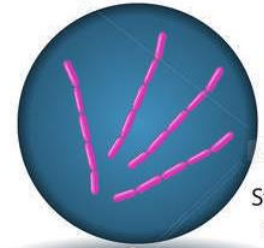
Escherichia coli



Helicobacter pylori



Streptobacillus moniliformis



Vibrio cholerae



Treponema palladium



Gram negative bacteria

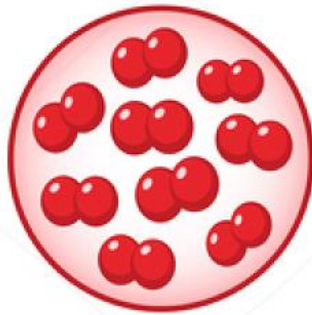
Gram negative bacteria



Gonococcus



Veillonella



Meningococcus



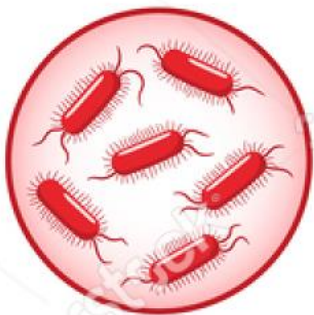
Chlamydia



Rickettsia



Vibrios



Escherichia



Helicobacter



Spirillum

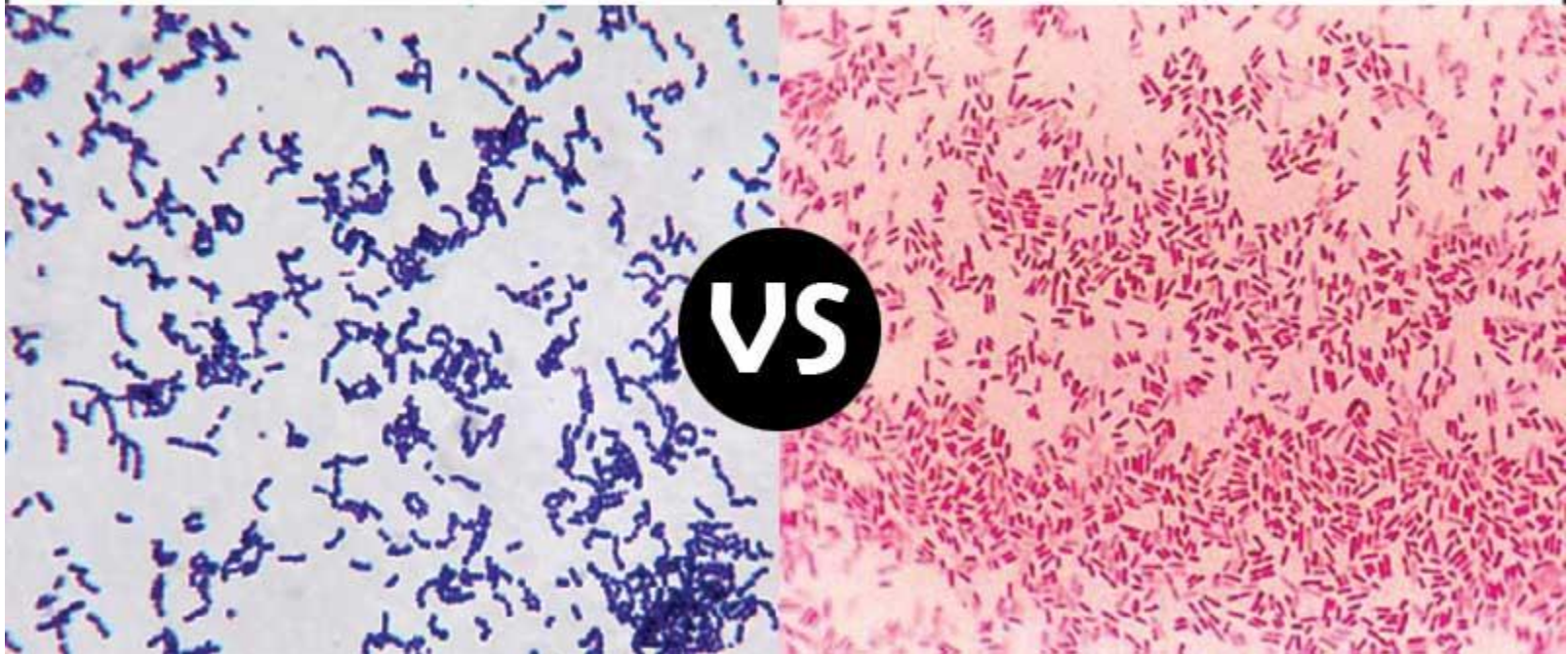


Spirochetes

(Gram positive vs Gram negative bacteria

Gram Positive Bacteria

Gram Negative Bacteria



Bacterial cell surface structure

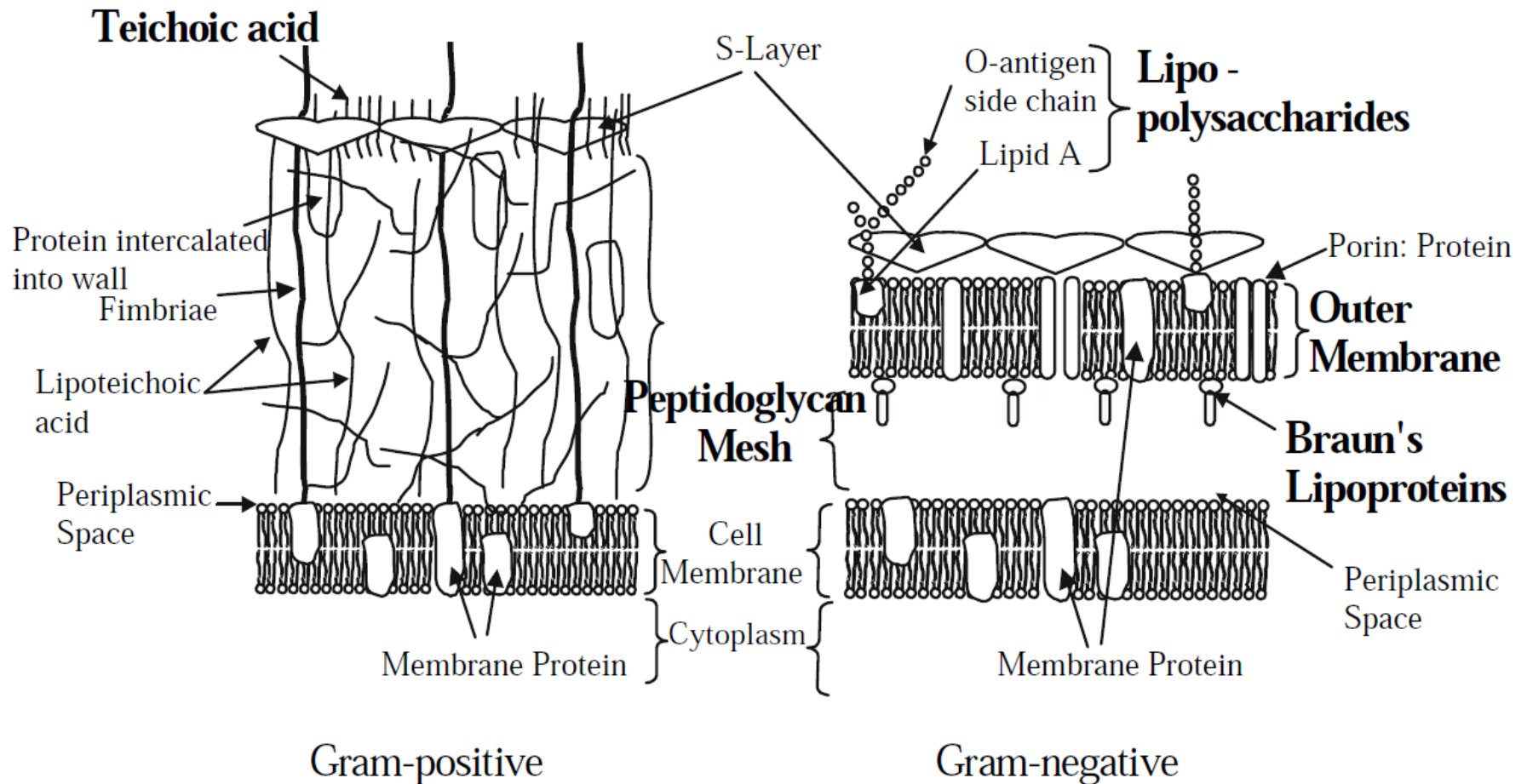
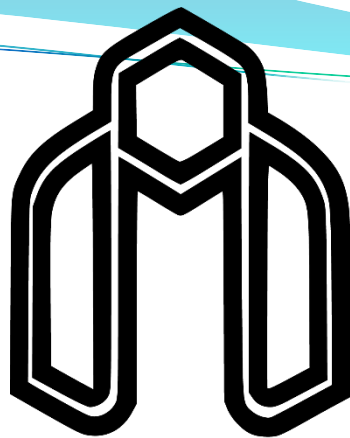


Figure 1. Bacterial cell surface structure (Hammond *et al.*, 1984; Hancock, 1991)



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه اول

اصول میکروبیولوژی-۱

سرفصل‌های درس بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

☐ اصول میکروبیولوژی (۷ جلسه)

☐ اصول کشت و رشد میکروب‌ها (کشت و رشد میکروب‌ها) (رشد میکروبی، خالص‌سازی و

شمارش سلول) (کنترل رشد میکروبی) (۳ جلسه)

☐ سینتیک رشد میکروبی (۲ جلسه)

☐ اصول انحلال و بازیافت زیستی کانی‌های سولفیدی (۴ جلسه)

☐ انحلال زیستی منابع غیرسولفیدی (۱ جلسه)

☐ عملیات بیولیچینگ (بازیابی فلزات با استفاده از بیولیچینگ) (۲ جلسه)

☐ بازیابی کانی‌ها به روش بیوفلوتاسیون، بیوفلوکولاسیون و بیوکواگولاسیون (۲ جلسه)

☐ جذب زیستی یون‌ها (بازیابی فلزات از محلول توسط جذب زیستی سطحی و درونی) (بازیافت

زیستی یون‌های به صورت (بیوسنتز) نانوذره) (۲ جلسه)

اصول میکروبیولوژی

موضوع مقالات

استفاده از روش‌های بیولیچینگ (هیپ، تانک و غیره)، بیوفلوتاسیون، بیوجذب و غیره

در:



بازیافت زیستی فلزات از باطله‌های الکترونیکی، باتری‌ها، کاتالیست‌ها و غیره



بازیافت زیستی فلزات از باطله معدن یا پسماند کارخانه و کانی‌های کم‌عیار سولفیدی



بازیافت زیستی فلزات از باطله معدن یا پسماند کارخانه و کانی‌های کم‌عیار اکسیدی



بازیافت زیستی فلزات از زه‌آب معدن و پساب کارخانه فرآوری



حذف زیستی ناخالصی‌ها و کانی‌های مزاحم از کانی‌های فلزی یا کانی‌های صنعتی



سنتز زیستی نانوذرات از منابع کم‌عیار یا پساب‌های معدنی



استفاده از فناوری‌های نانو-بیو در بازیافت



سایر موضوعات نوین مشابه یا روش‌های ترکیبی

کاربردهای میکروبیولوژی محیطی

- ☐ بازیافت پسابها
- ☐ بهبود کیفیت آب آشامیدنی
- ☐ پاکسازی محل‌های آلوده به مواد خطرناک
- ☐ حفاظت و بازیابی آب‌های سطحی و ساحلی
- ☐ جلوگیری از سرایت بیماری‌ها از آب و هوا
- ☐ تولید مواد شیمیایی دوستدار محیط‌زیست
- ☐ کاهش پسماندهای صنعتی و کاهش مصرف منابع و آلاینده‌ها

کاربردهای میکروبیولوژی معدنی



☐ ته نشینی

☐ فلوتاسیون

☐ بیولیچینگ

☐ زیست پالایی

☐ تصفیه پسابها

☐ استخراج فلزات از محلول

☐ تولید مواد پیشرفته

تفاوت میکروبیولوژی معدنی با سایر حوزه‌های میکروبیولوژی

❑ با مخلوطی از انواع کشت‌ها (Mixed culture) سروکار دارد.

❑ با سیستم‌های غیراستریل سروکار دارد.

❑ موفقیت یک گونه در کشت مخلوط، در رقابت با گونه‌های دیگر مشخص

می‌شود.

مفاهیم

☐ متابولیسم؟

بدست آوردن عناصر، انرژی و الکترون توسط سلول.

☐ غشاء سلول؟

مرز بین سلول و محیط و نیز محل انجام واکنش‌های خارج سلولی است.

☐ دیواره سلول؟

یک عضو ساختاری که باعث استحکام سلول شده و از غشاء محافظت می‌کند.

☐ سیتوپلاسم؟

ماده داخل سلول را تشکیل می‌دهد و شامل آب و میکرومولکول‌های مفید است.

☐ کروموزوم؟

محل نگهداری کد ژنتیکی خصوصیات و عملکرد بیوشیمیایی سلول است.

☐ ریبوزوم؟

کد ژنتیکی را به کاتالیست‌های عمل‌کننده تبدیل می‌کند.

☐ آنزیم؟

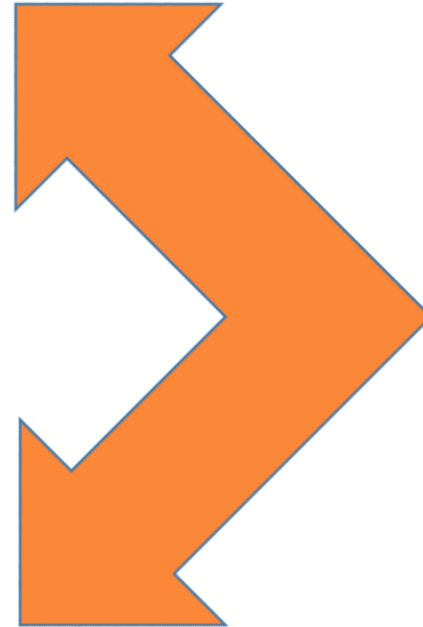
کاتالیست‌هایی هستند که واکنش بیوشیمیایی موردنظر را انجام می‌دهند.

Prokaryotes

مانند باکتری و آرکایی

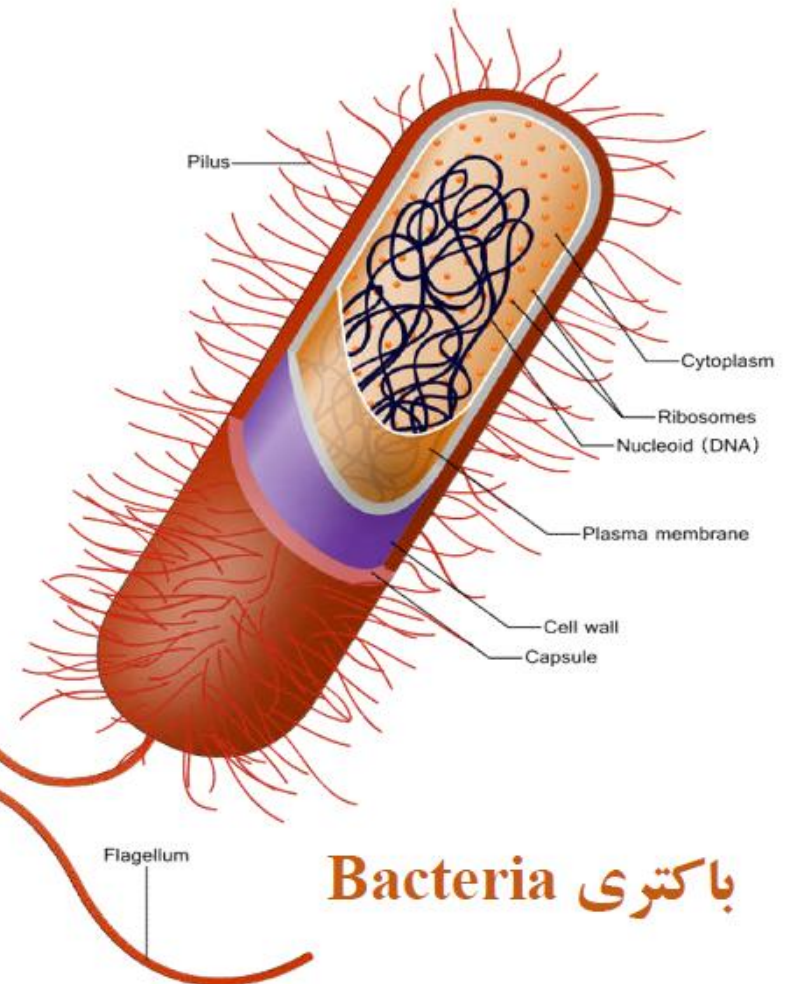
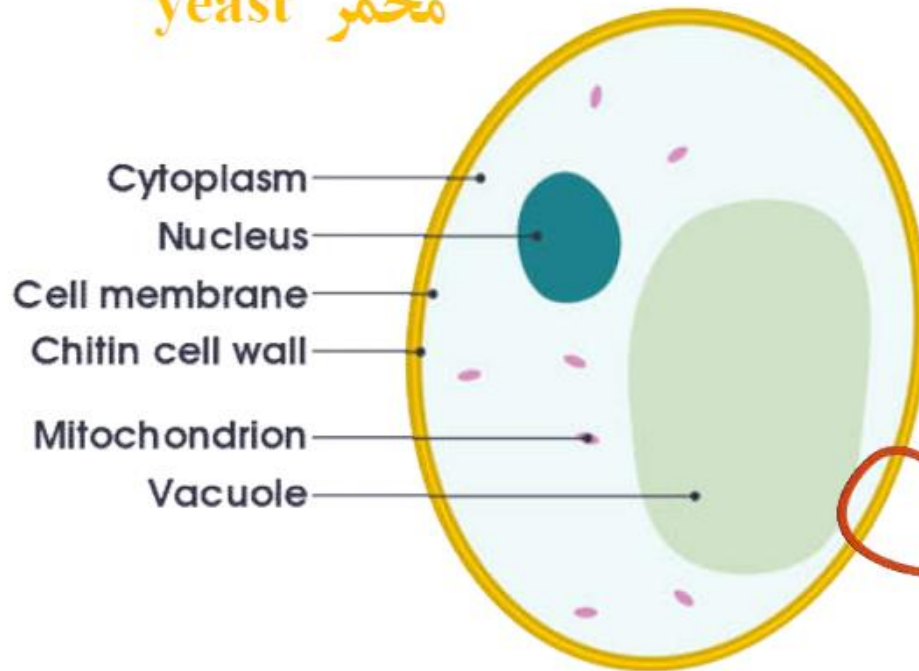
Eukarya

مانند مخمرها، جلبک‌ها،
گیاهان و جانوران



ارگانیسم‌ها

yeast مخمر



بakteri Bacteria

Chitin, the second most abundant natural polysaccharide, after cellulose

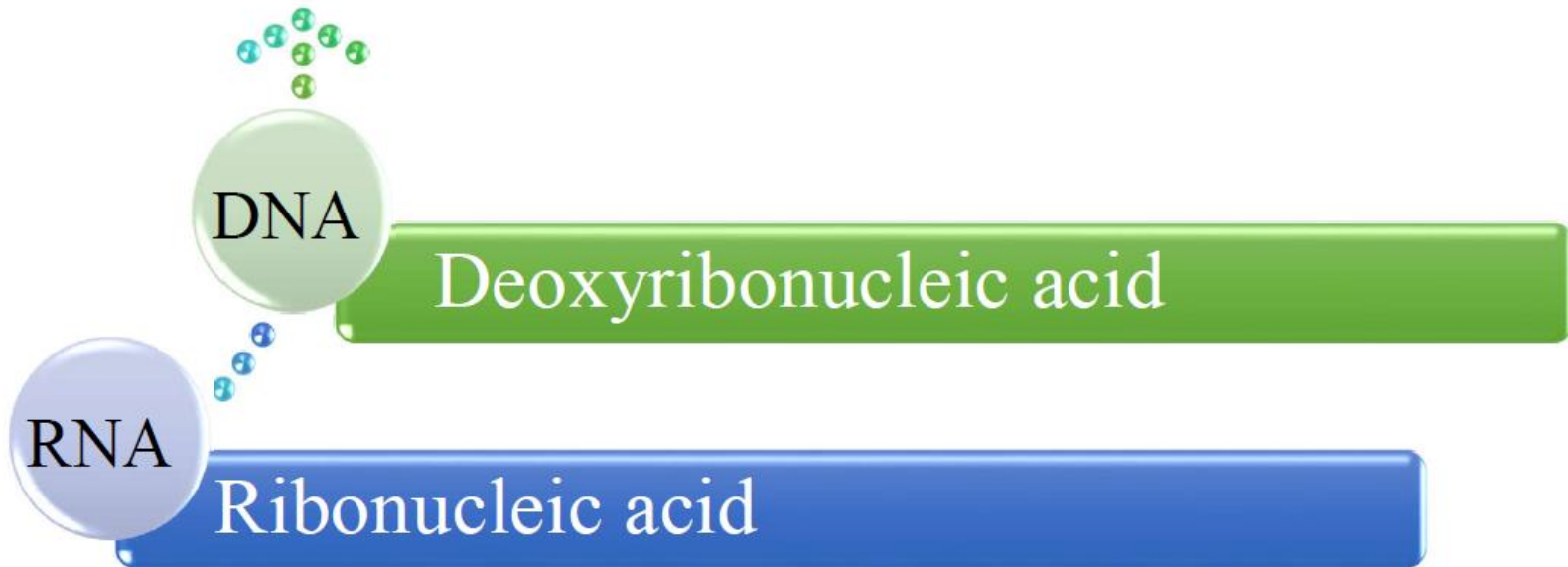
طبقه‌بندی موجودات زنده

□ تاکسونومی (Taxonomy):

طبقه‌بندی بر اساس ظاهر

□ فیلوژنی (Phylogeny):

طبقه‌بندی بر اساس تفاوت‌های ژنتیکی که در DNA و RNA موجودند.



DNA (Deoxyribonucleic acid)

- ❑ DNA is a polymer composed of two polynucleotide chains that coil around each other to form **a double helix** carrying genetic instructions for the development, functioning, growth and reproduction of all known organisms and many viruses.
- ❑ DNA and ribonucleic acid (RNA) are nucleic acids.
- ❑ Alongside proteins, lipids and complex carbohydrates (polysaccharides), nucleic acids are one of the four major types of macromolecules that are essential for all known forms of life.

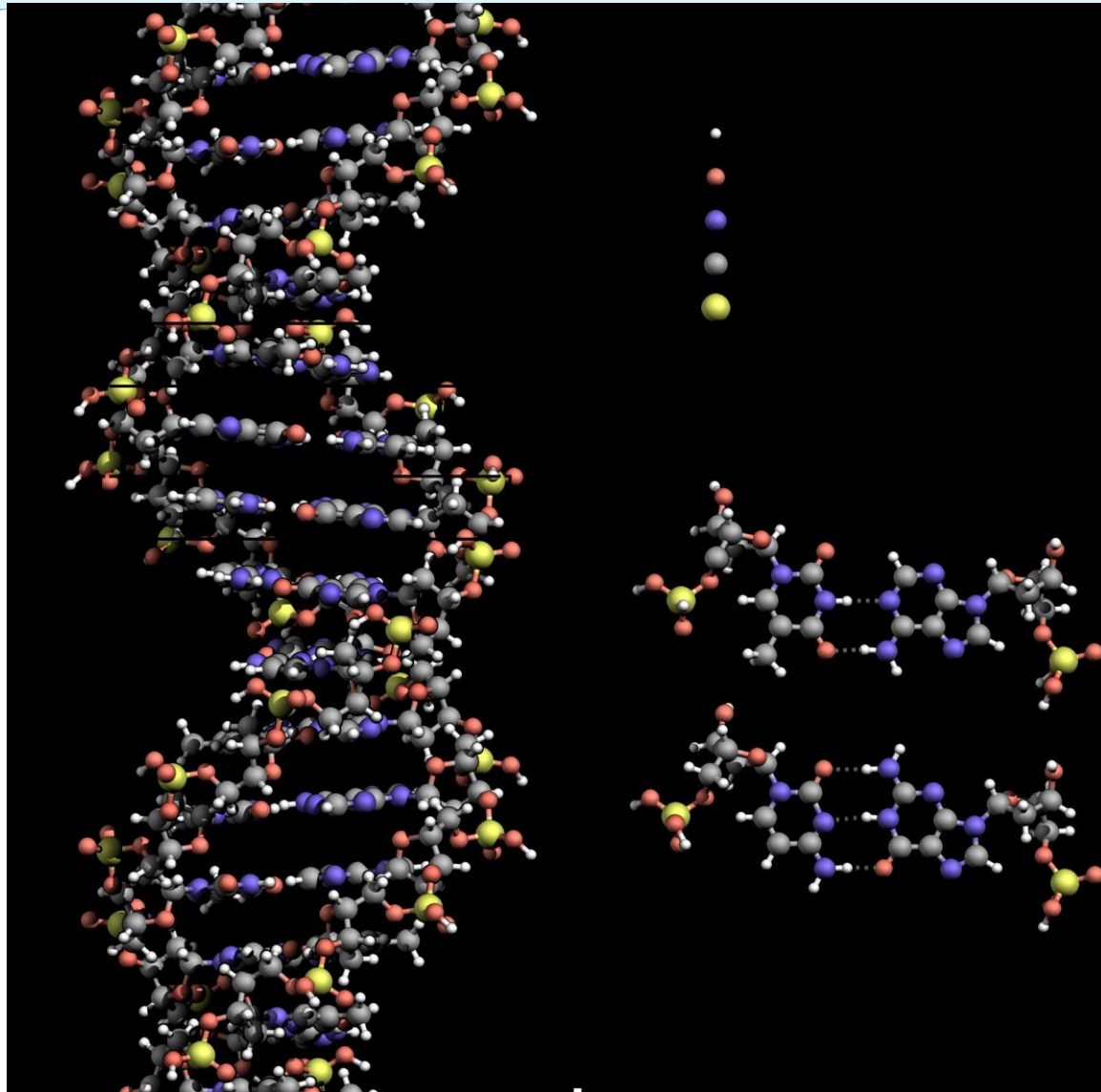
DNA (دئوکسی ریبونوکلئیک اسید)

□ DNA پلیمری متشکل از دو زنجیره پلی نوکلئوتیدی است که به دور یکدیگر می پیچند و **یک مارپیچ دوگانه** را تشکیل می دهند که حاوی دستورالعمل های ژنتیکی برای توسعه، عملکرد، رشد و تولیدمثل همه ارگانیسم های شناخته شده و بسیاری از ویروس ها است.

□ DNA و اسید ریبونوکلئیک (RNA) اسیدهای نوکلئیک هستند.

□ در کنار پروتئین ها، لیپیدها و کربوهیدرات های پیچیده (پلی ساکاریدها)، اسیدهای نوکلئیک یکی از چهار نوع عمده ماکرومولکول هستند که برای همه اشکال شناخته شده حیات ضروری هستند.

DNA (Deoxyribonucleic acid)

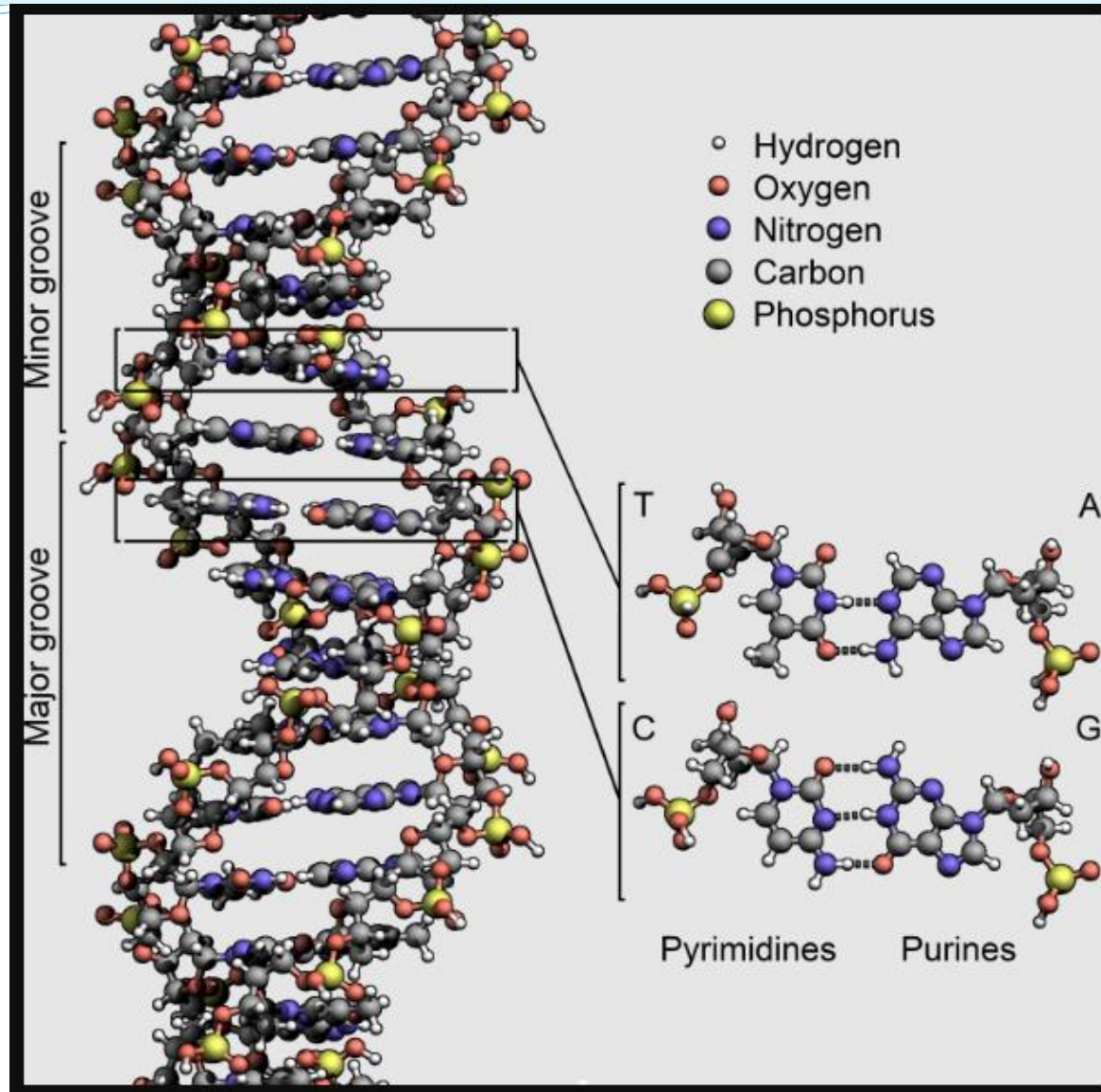


The structure of the DNA double helix. The atoms in the structure are colour-coded by element and the detailed structures of two base pairs are shown in the bottom right.

DNA (دئوکسی ریبونوکلئیک اسید)

شیار = groove

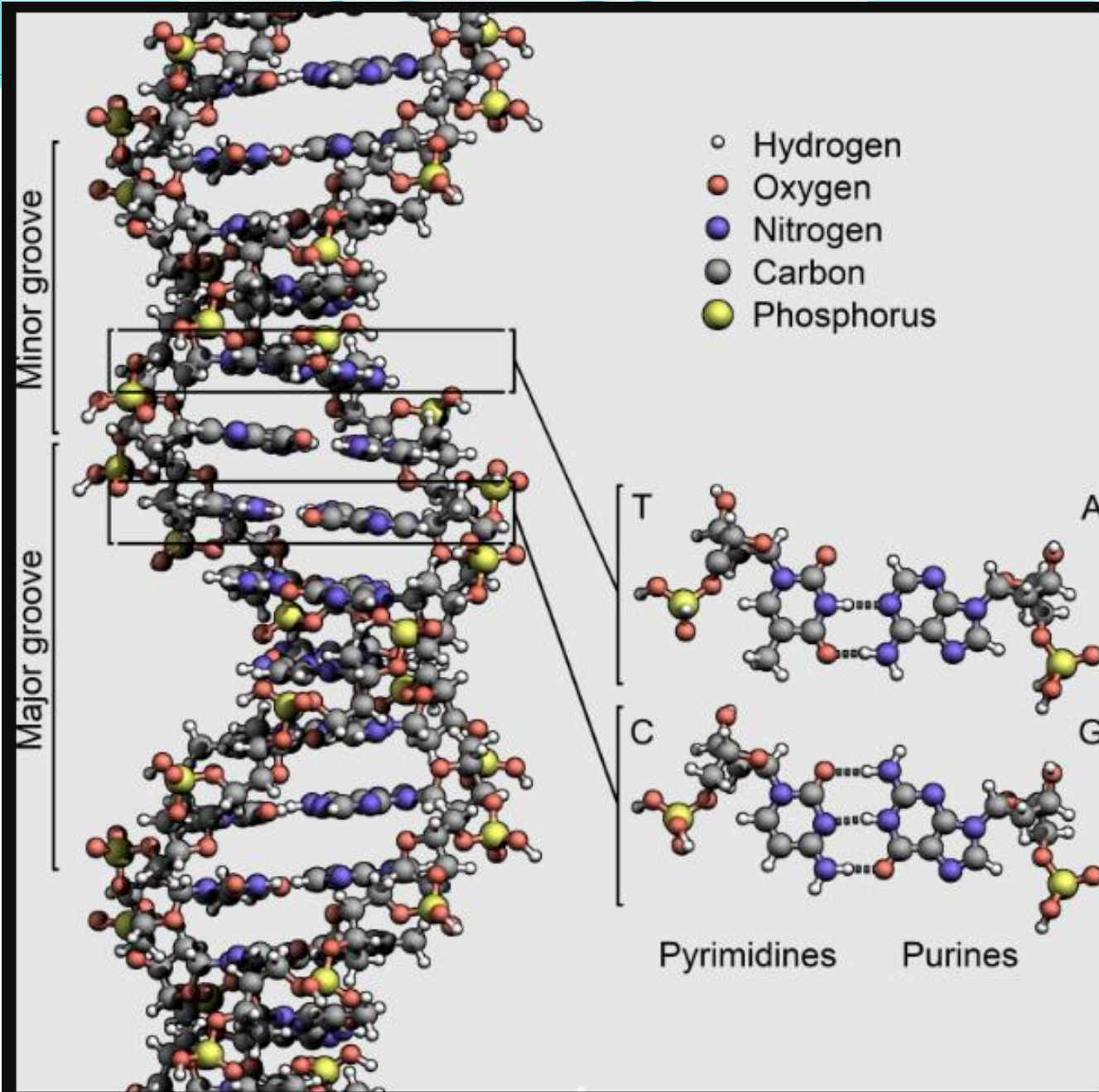
Purine: a colorless crystalline compound with basic properties, forming uric acid on oxidation.



Pyrimidine: a colorless crystalline compound with basic properties.

ساختار مارپیچ دوگانه DNA. اتم‌ها در ساختار با عنصر کدگذاری رنگی شده‌اند و ساختارهای دقیق دو جفت پایه در پایین سمت راست نشان داده شده‌اند.

DNA (دئوکسی ریبونوکلئیک اسید)



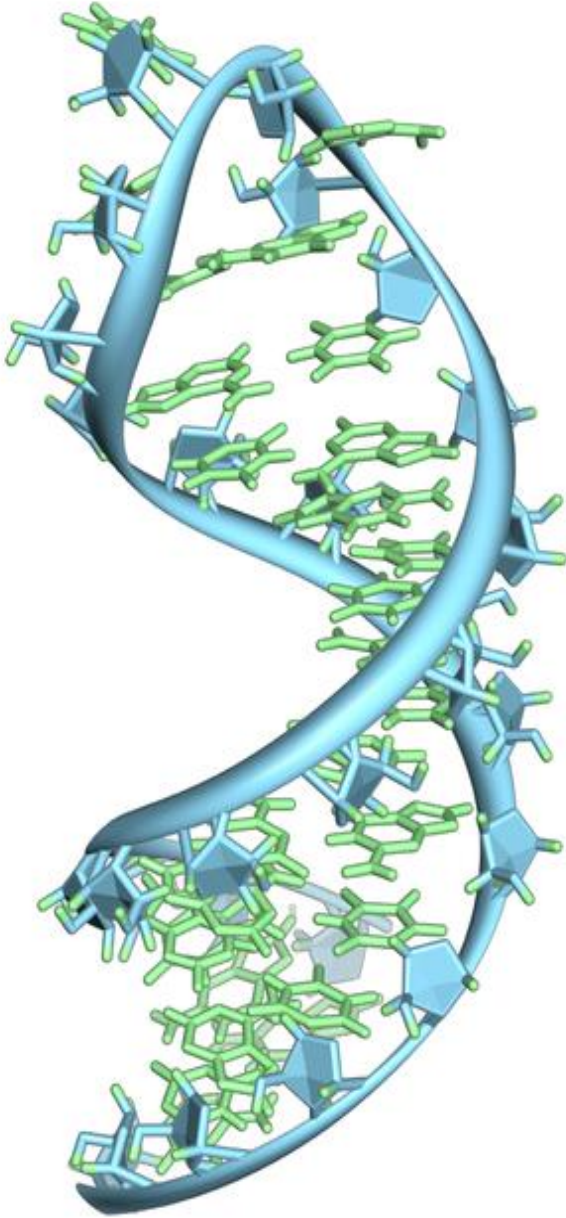
T = Thymine

A = Adenine

C = Cytosine

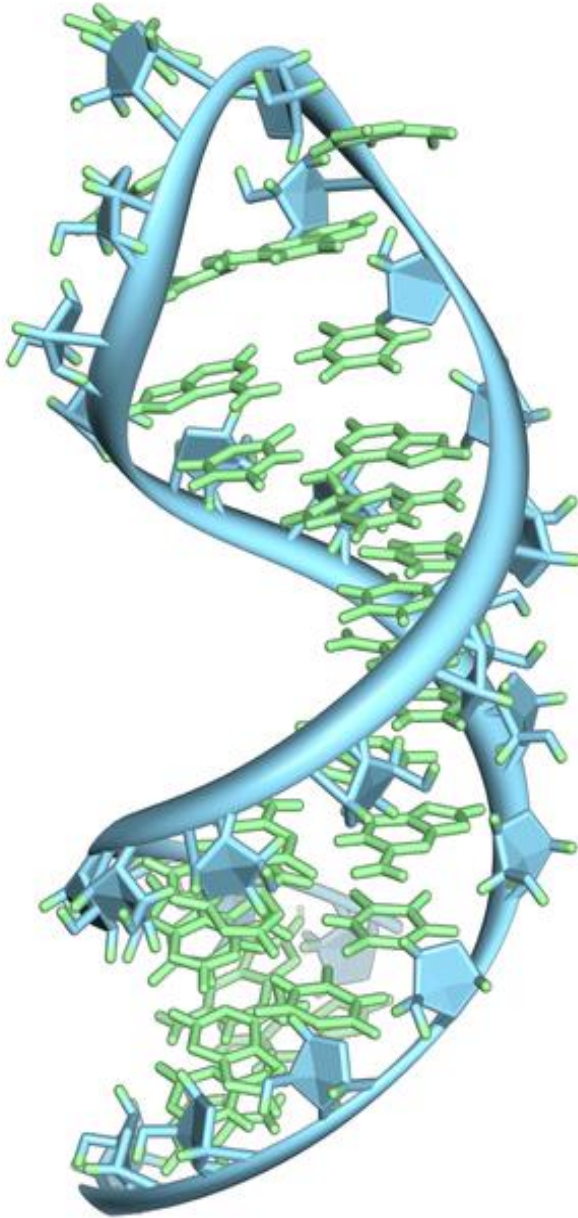
G = Guanine

RNA (Ribonucleic acid)



- ❑ RNA is a molecule similar to DNA. Unlike DNA, RNA is **single-stranded**.
- ❑ An RNA strand has a backbone made of alternating sugar (ribose) and phosphate groups.
- ❑ Attached to each sugar is one of four bases: **adenine (A)**, **uracil (U)**, **cytosine (C)**, or **guanine (G)**.

RNA (اسید ریبونوکلئیک)



□ RNA مولکولی شبیه DNA است. برخلاف DNA،

RNA **تک رشته‌ای** است.

□ یک رشته RNA دارای یک ستون فقرات است که

از گروه‌های قند (ریبوز) و فسفات متناوب ساخته شده است.

□ به هر قند یکی از چهار پایه متصل است: **آدنین**

(A)، اوراسیل (U)، **سیتوزین (C)** یا **گوانین (G)**.

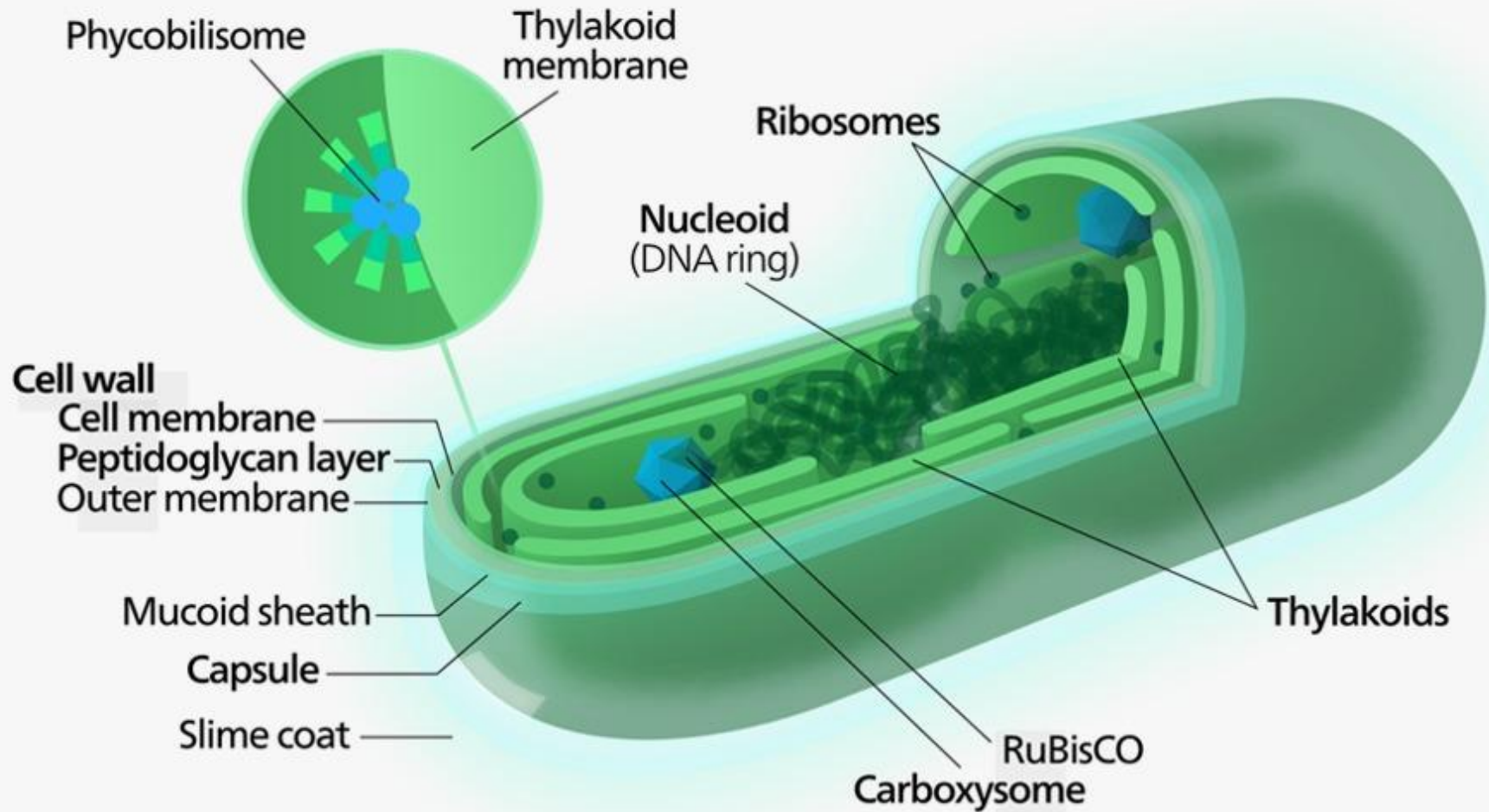
RNA (Ribonucleic acid)

- ❑ RNA is a polymeric molecule essential in various biological roles in coding, decoding, regulation and expression of genes.
- ❑ Like DNA, RNA is assembled as a chain of nucleotides, but unlike DNA, RNA is found in nature as a single strand folded onto itself, rather than a paired double strand.
- ❑ Cellular organisms use messenger RNA (mRNA) to convey genetic information (using the nitrogenous bases of guanine, uracil, adenine, and cytosine, denoted by the letters G, U, A, and C) that directs synthesis of specific proteins.
- ❑ Many viruses encode their genetic information using an RNA genome.

RNA (اسید ریبونوکلئیک)

- RNA یک مولکول پلیمری است که در نقش‌های بیولوژیکی مختلف در کدگذاری، رمزگشایی، تنظیم و بیان ژن‌ها ضروری است.
- مانند DNA، RNA به صورت زنجیره‌ای از نوکلئوتیدها مونتاژ می‌شود، اما برخلاف DNA، RNA در طبیعت به صورت یک رشته منفرد تاشده روی خودش یافت می‌شود، نه یک رشته دوتایی جفت‌شده.
- ارگانیسم‌های سلولی از RNA پیام‌رسان (mRNA) برای انتقال اطلاعات ژنتیکی (با استفاده از بازهای نیتروژنی گوانین، اوراسیل، آدنین و سیتوزین که با حروف G، U، A و C نشان داده می‌شوند) استفاده می‌کنند که سنتز پروتئین‌های خاص را هدایت می‌کند.
- بسیاری از ویروس‌ها اطلاعات ژنتیکی خود را با استفاده از ژنوم RNA رمزگذاری می‌کنند.

طبقه‌بندی موجودات زنده (Cyanobacteria)



طبقه‌بندی موجودات زنده



تاکسونومی و فیلوژنی

mRNA

□ انتقال اطلاعات لازم از DNA برای سنتز پروتئین

tRNA

□ آمینو اسیدها را برای تولید پروتئین منتقل می کند.

rRNA

□ جزء کاتالیستی ریبوزوم و جایی که پروتئین ساخته می شود

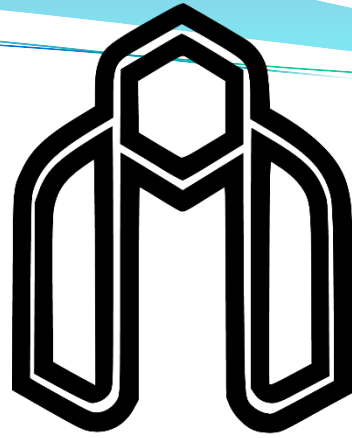
انواع RNA

RNA (Ribonucleic acid)

- ❑ Some RNA molecules play an active role within cells by catalyzing biological reactions, controlling gene expression, or sensing and communicating responses to cellular signals.
- ❑ One of these active processes is protein synthesis, a universal function in which RNA molecules direct the synthesis of proteins on ribosomes.
- ❑ This process uses transfer RNA (tRNA) molecules to deliver amino acids to the ribosome, where ribosomal RNA (rRNA) then links amino acids together to form coded proteins.

(اسید ریبونوکلئیک)

- ❑ برخی از مولکول‌های RNA با کاتالیز کردن واکنش‌های بیولوژیکی، کنترل بیان ژن، یا حس کردن و برقراری ارتباط پاسخ‌ها به سیگنال‌های سلولی، نقش فعالی را در سلول‌ها ایفا می‌کنند.
- ❑ یکی از این فرآیندهای فعال، سنتز پروتئین است، یک عملکرد جهانی که در آن مولکول‌های RNA سنتز پروتئین‌ها را روی ریبوزوم‌ها هدایت می‌کنند.
- ❑ این فرآیند از مولکول‌های RNA انتقالی (tRNA) برای رساندن اسیدهای آمینه به ریبوزوم استفاده می‌کند، جایی که RNA ریبوزومی (rRNA) سپس اسیدهای آمینه را به یکدیگر پیوند می‌دهد تا پروتئین‌های کدگذاری‌شده را تشکیل دهند.



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه دوم

اصول میکروبیولوژی-۱

تاکسونومی و فیلوژنی

Genus: گونه‌های (species) دارای شباهت‌های اساسی ☐

Family: گروهی از genera دارای شباهت‌های کافی ☐

genera: genus صورت جمع واژه

Genus

species

نامگذاری: ☐

☐ به صورت ایتالیک نوشته می‌شود.

☐ حرف اول بخش اول با حروف بزرگ / بخش دوم با حروف کوچک

☐ بخش اول را می‌توان اختصاری کرد.

اشکال گوناگون پروکاریوت‌ها

Cocci (Coccus): کروی

Bacilli (Bacillus): لوله‌ای

Spirilla (Spirillum): فنری شکل

باکتری‌ها

/ˈkɑːksaɪ/

/ˈkɒkəs/

/bəˈsɪlaɪ/

/bəˈsɪləs/

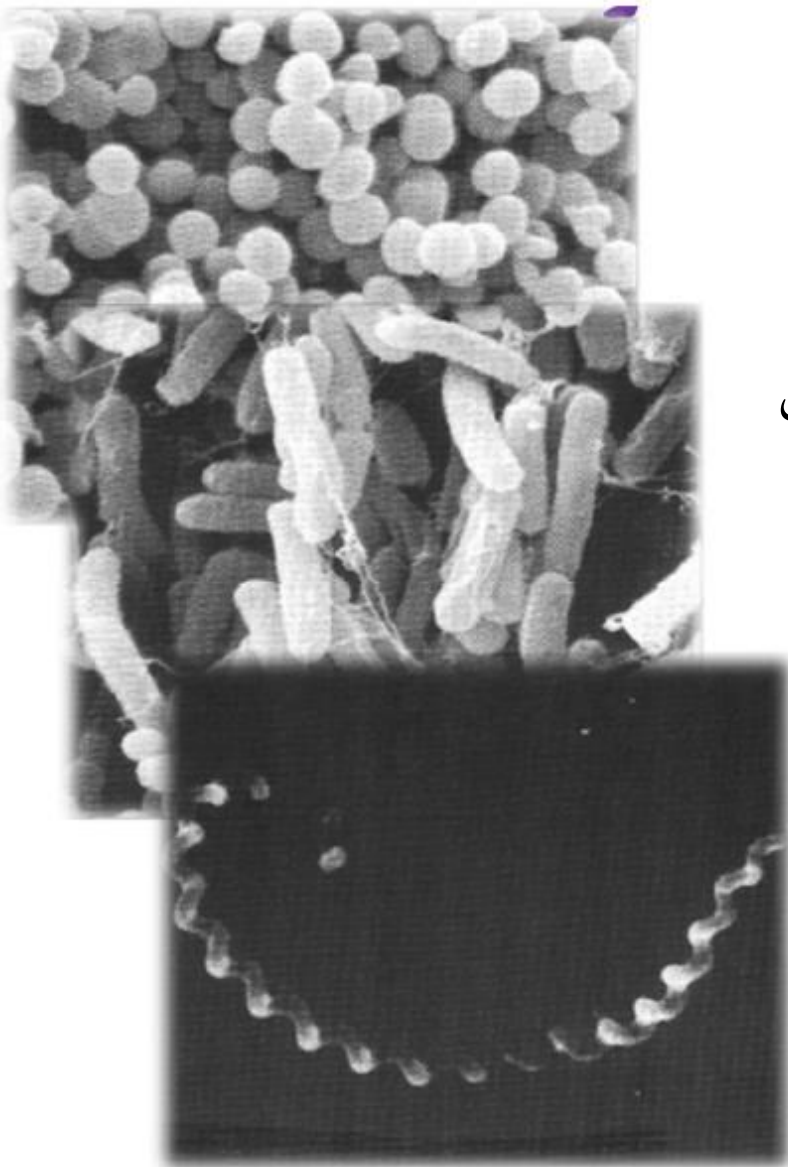
/spɪˈri-lə/

/spɪˈri-ləm/

Staphylococcus epidermidis

Bacillus subtilis

Spirillum volutans



اشکال گوناگون پروکاریوت‌ها

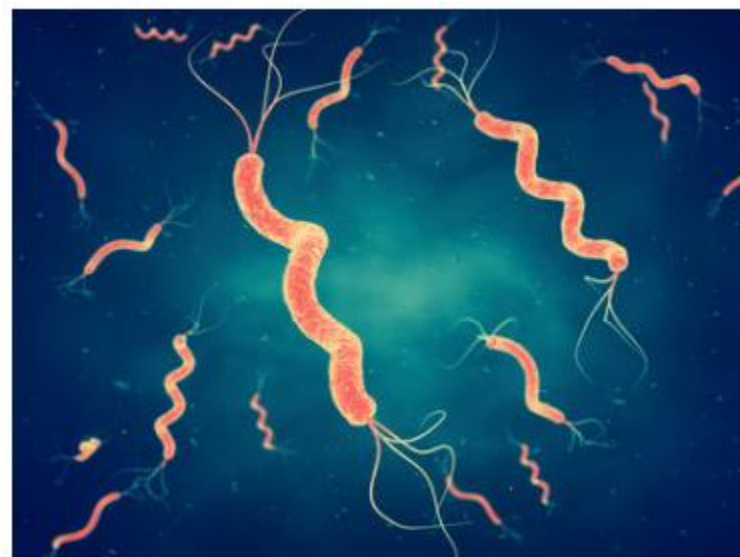


Cocci (Coccus): کروی

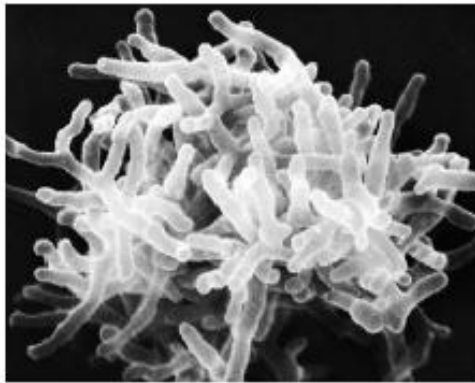
Bacilli (Bacillus): لوله‌ای

Spirilla (Spirillum): فنری شکل

باکتری‌ها



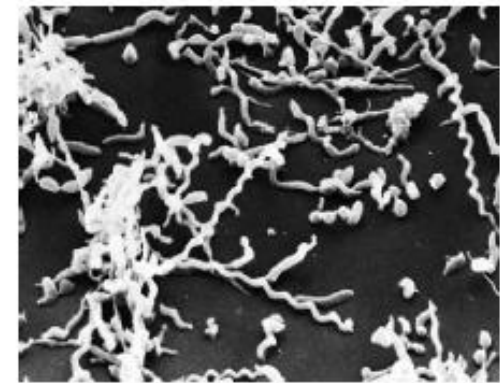
باکتری‌های با شکل غیر معمول



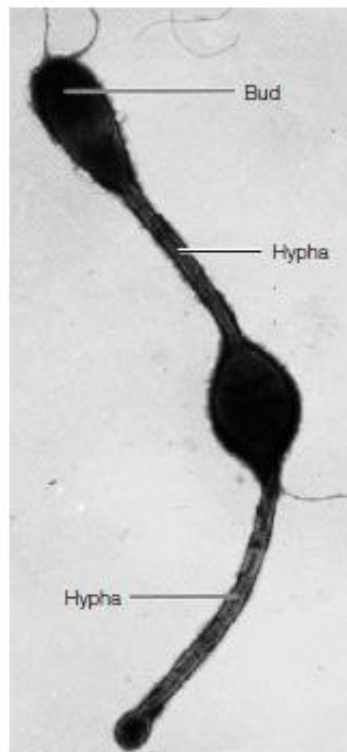
(a)



(b)



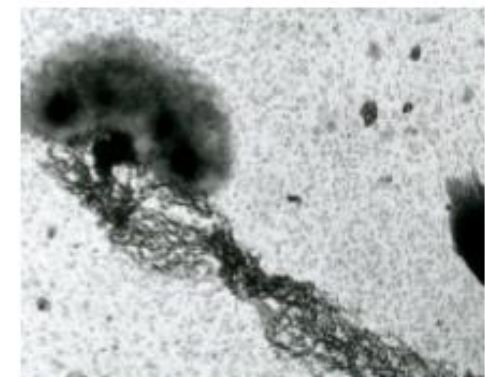
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 3.2 Unusually Shaped Bacteria.

Examples of bacteria with shapes quite different from bacillus and coccus types.

(a) *Actinomyces*, SEM ($\times 21,000$).

(b) *Mycoplasma pneumoniae*, SEM

($\times 62,000$). (c) *Spiroplasma*, SEM

($\times 13,000$). (d) *Hyphomicrobium* with hyphae

and bud, electron micrograph with negative

staining. (e) Walsby's square bacterium.

(f) *Gallionella ferruginea* with stalk.

Antony van Leeuwenhoek

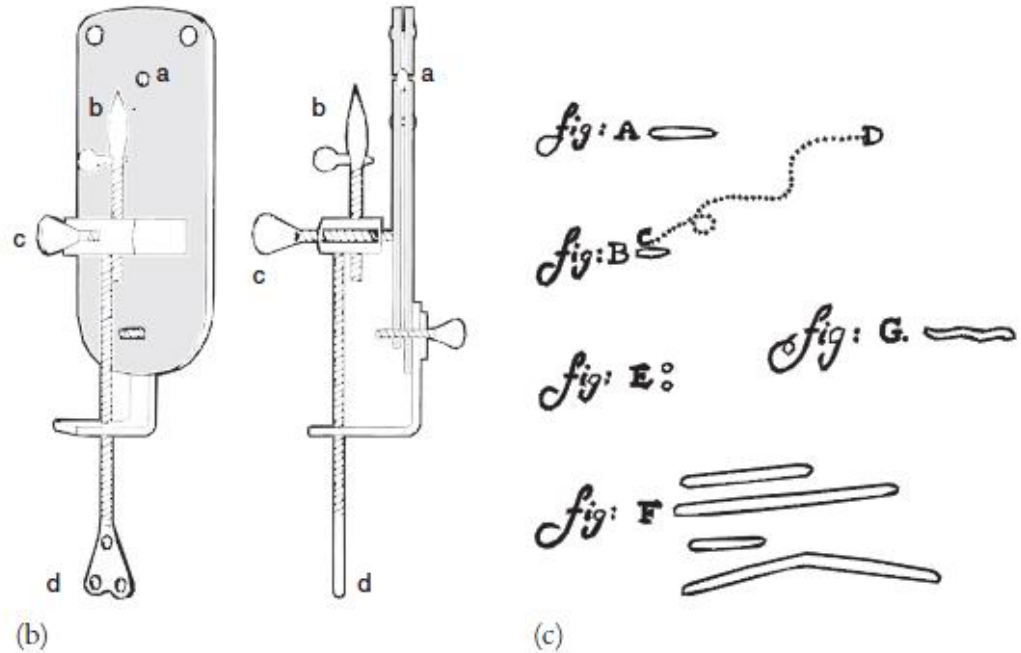


Figure 1.1 Antony van Leeuwenhoek. Leeuwenhoek (1632–1723) and his microscopes. (a) Leeuwenhoek holding a microscope. (b) A drawing of one of the microscopes showing the lens, *a*; mounting pin, *b*; and focusing screws, *c* and *d*. (c) Leeuwenhoek's drawings of bacteria from the human mouth. (b) Source: C. E. Dobell, *Antony van Leeuwenhoek and His Little Animals* (1932), Russell and Russell, 1958.

آنتونی فان لیوونیهوک پدر علم میکروب‌شناسی

Louis Pasteur

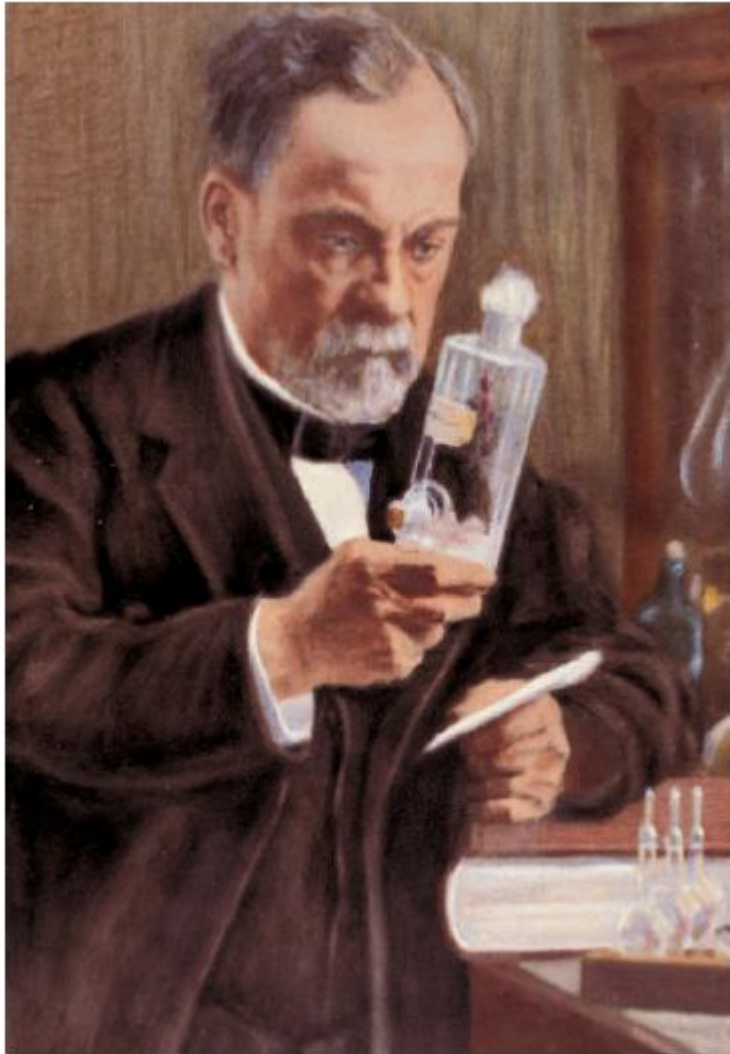


Figure 1.2 Louis Pasteur. Pasteur (1822–1895) working in his laboratory.

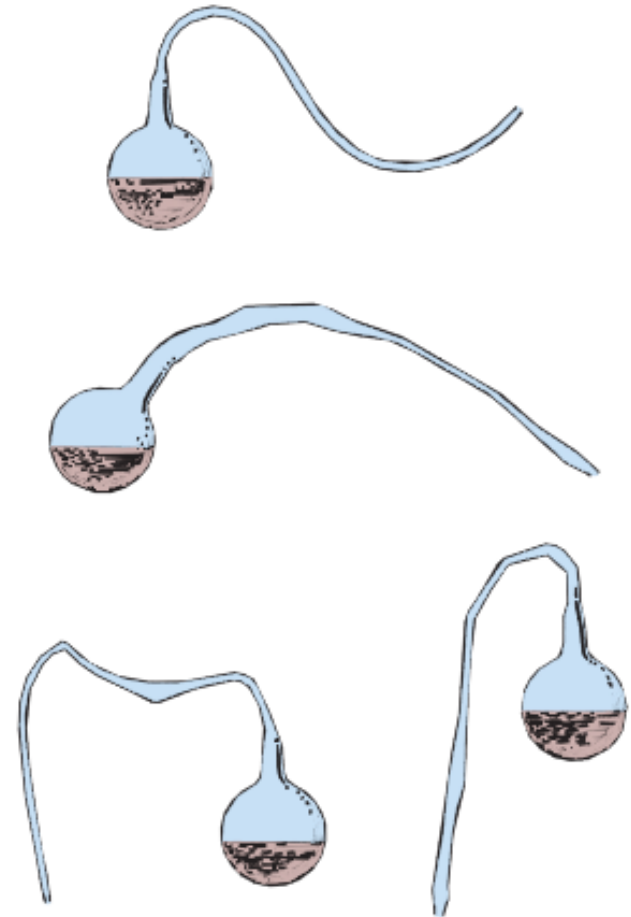


Figure 1.3 The Spontaneous Generation Experiment. Pasteur's swan neck flasks used in his experiments on the spontaneous generation of microorganisms.

کاشف واکسن هاری، پدر علم باکتری شناسی، پدر علم میکروبی شناسی

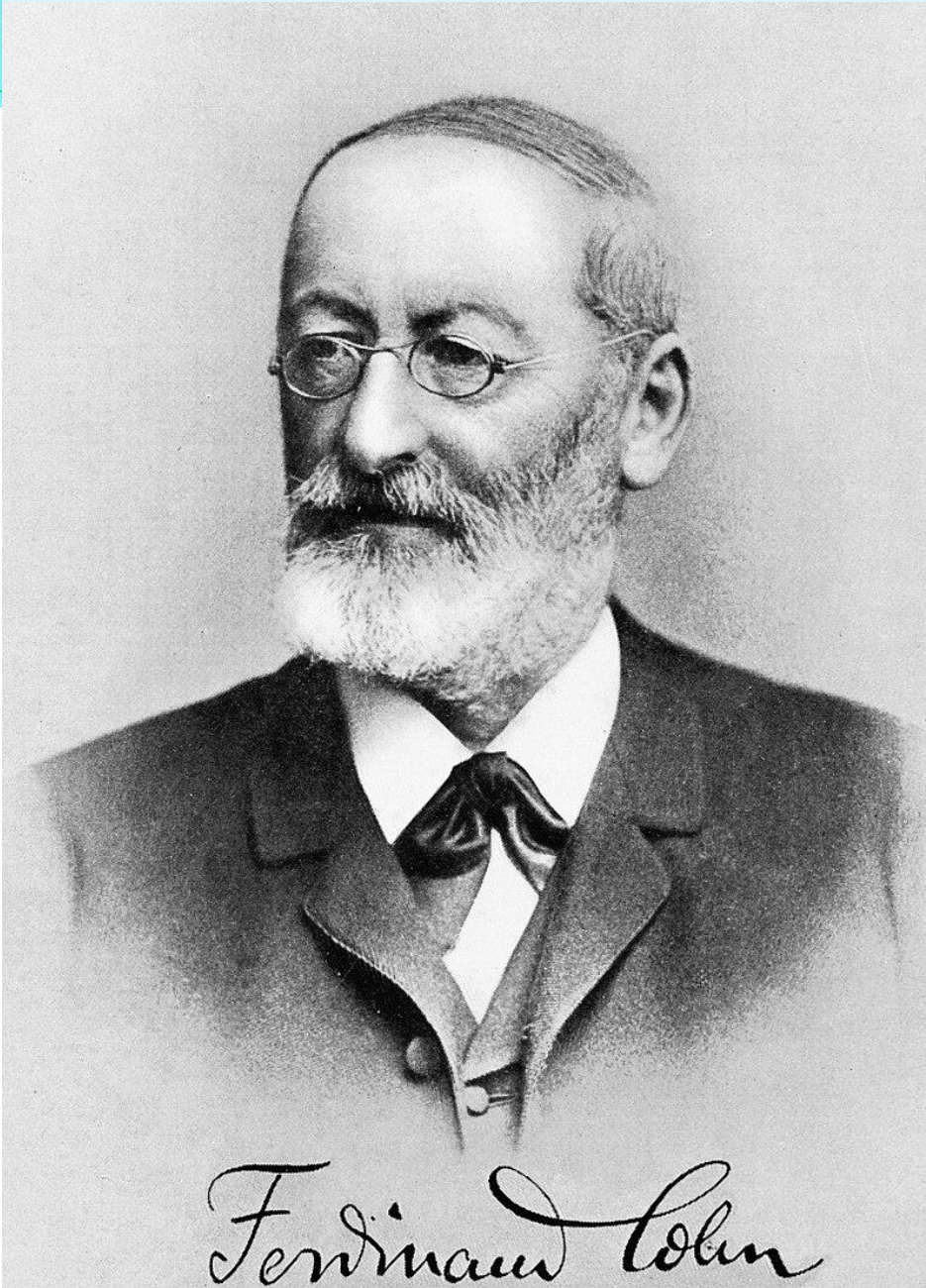
Robert Koch



Figure 1.4 Robert Koch. Koch (1843–1910) examining a specimen in his laboratory.

پزشک و دانشمند آلمانی که به دلیل مطالعات در زمینه عوامل میکروبی و کشف عامل بیماری سل که به خاطر نام وی باسیل کخ نیز نامیده می‌شود، مشهور است.

Ferdinand Julius Cohn

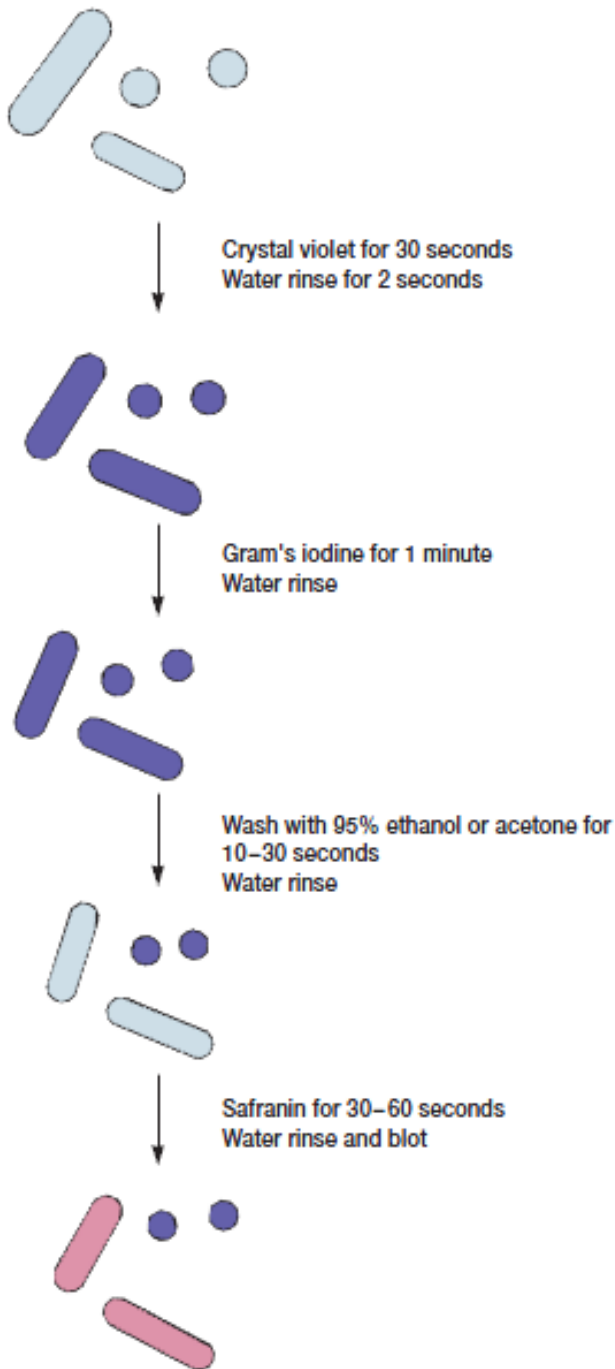


□ فردیناند یولیوس کوهن زیست‌شناس

آلمانی بود که از او به عنوان یکی از پایه‌گذاران اصلی میکروبیولوژی و باکتری‌شناسی یاد می‌شود.

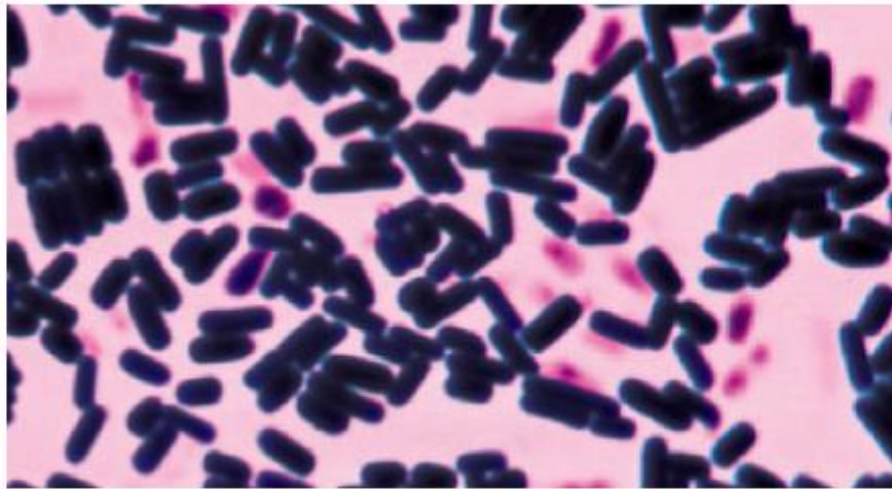
□ او اولین شخصی بود که موفق به طبقه‌بندی جلبک‌ها در گروه گیاهان و انواع مختلف باکتری‌ها شد.

The Gram-Staining Procedure

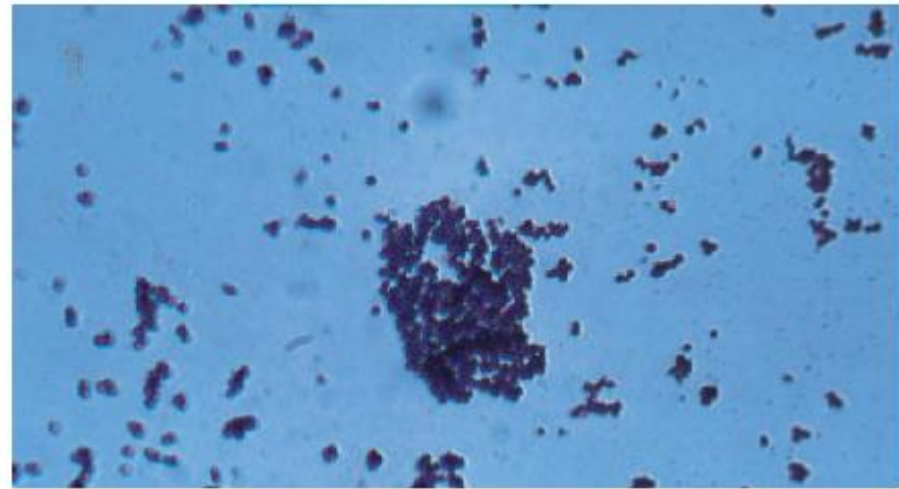


- ❑ Note that decolorization with ethanol or acetone removes crystal violet from gram-negative cells but not from gram-positive cells.
- ❑ The gram-negative cells then turn pink to red when counterstained with safranin.

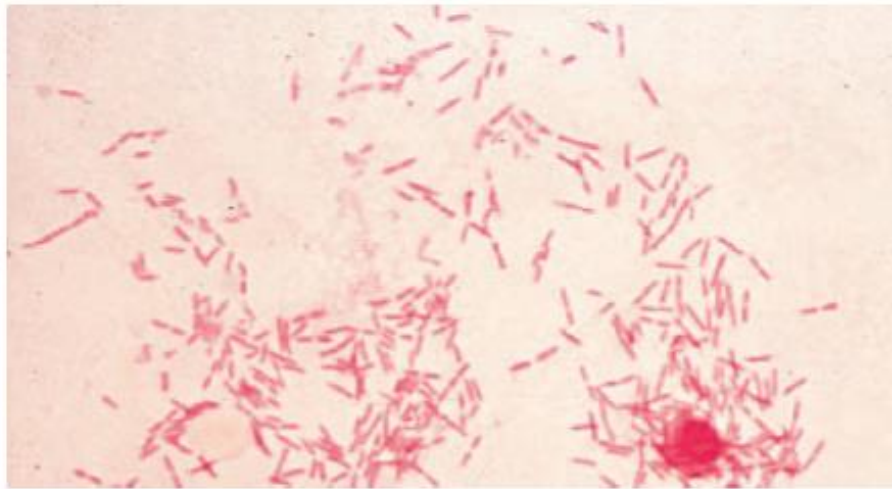
Examples of Gram Staining



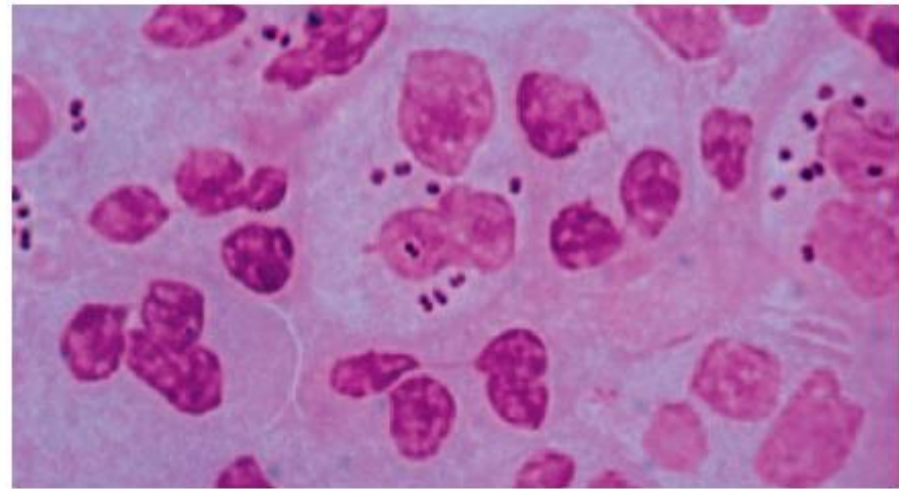
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 2.15 Examples of Gram Staining. (a) Gram-positive *Clostridium perfringens* ($\times 800$). Some rods have stained pink rather than purple, as often happens when gram-positive cells age. (b) *Staphylococcus aureus*. Gram stain, bright-field microscopy ($\times 1,000$). The gram-positive cocci associate in grapelike clusters. (c) *Escherichia coli*, Gram stain ($\times 500$). (d) *Neisseria gonorrhoeae*. The diplococci are often within white blood cells ($\times 1,000$).

Morphology of a Gram-Positive Bacterium

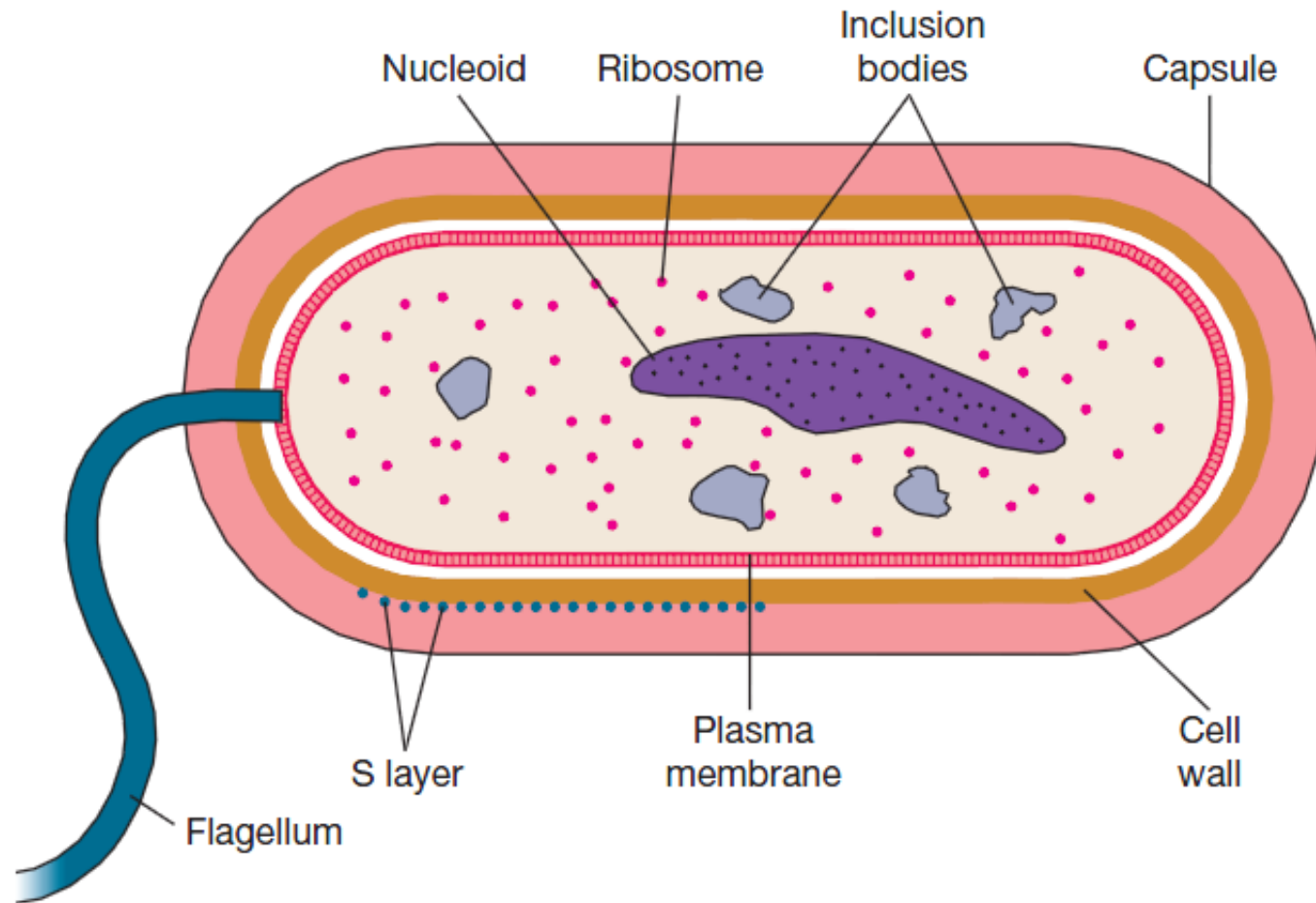
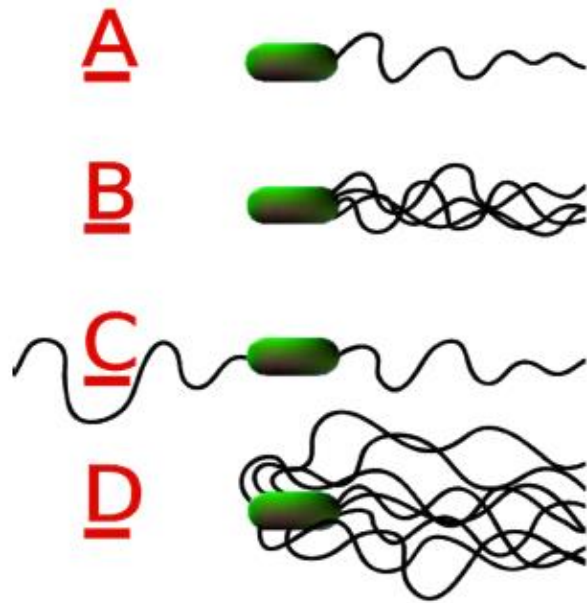


Figure 3.4 Morphology of a Gram-Positive Bacterium. The majority of the structures shown here are found in all gram-positive cells. Only a small stretch of surface proteins in the S-layer has been included to simplify the drawing; when present, these proteins cover the surface.

حرکت باکتری



Flagella (تاژک)

Gliding (سر خوردن)

Chemotaxis

حرکت
باکتری

Effect of chemoattractants
جذب کننده های شیمیایی



Effect of chemorepellents
دفع کننده های شیمیایی

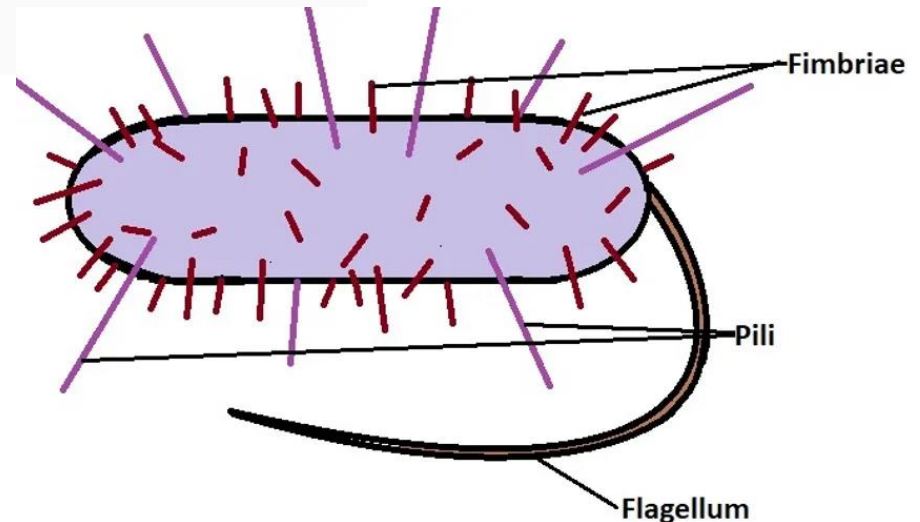
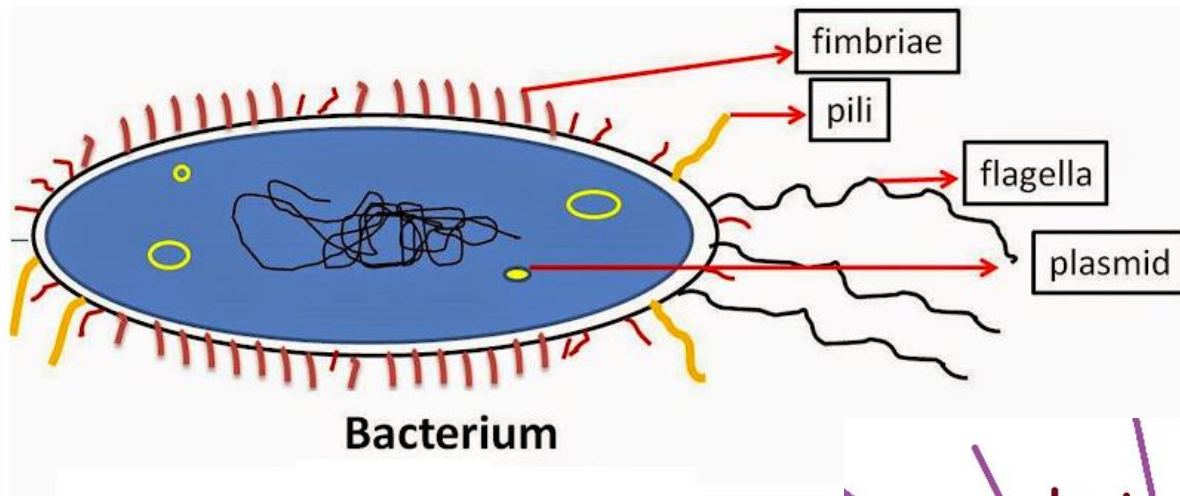


(کشش شیمیایی، شیمی گرایی)

حرکت باکتری

□ تازه (Pili و Fimbriae) (پیلی یا مویک باکتری، پره، پیلوس، یا زوائد

انگشت مانند در باکتری ها)



Flagella and Fimbriae

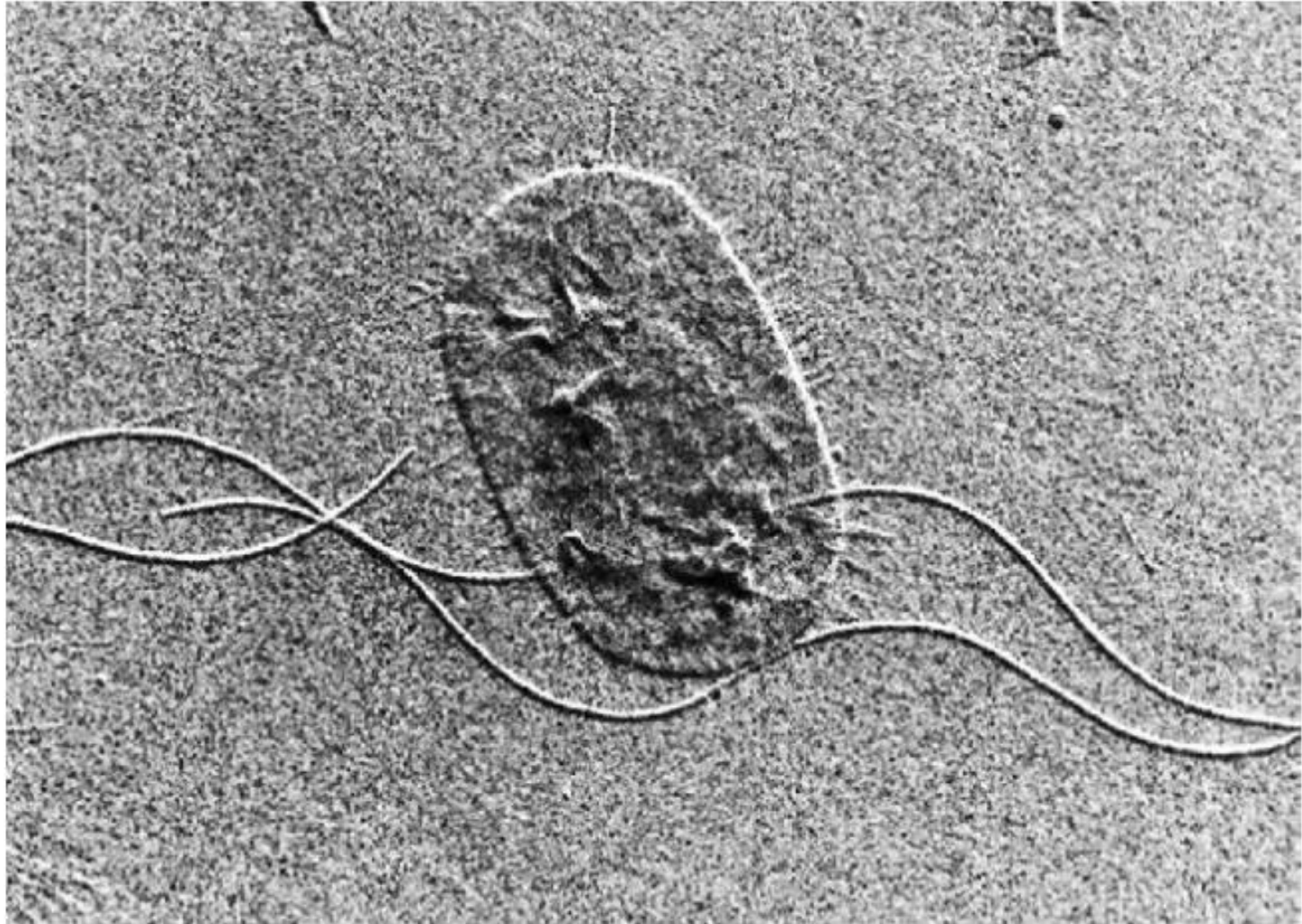
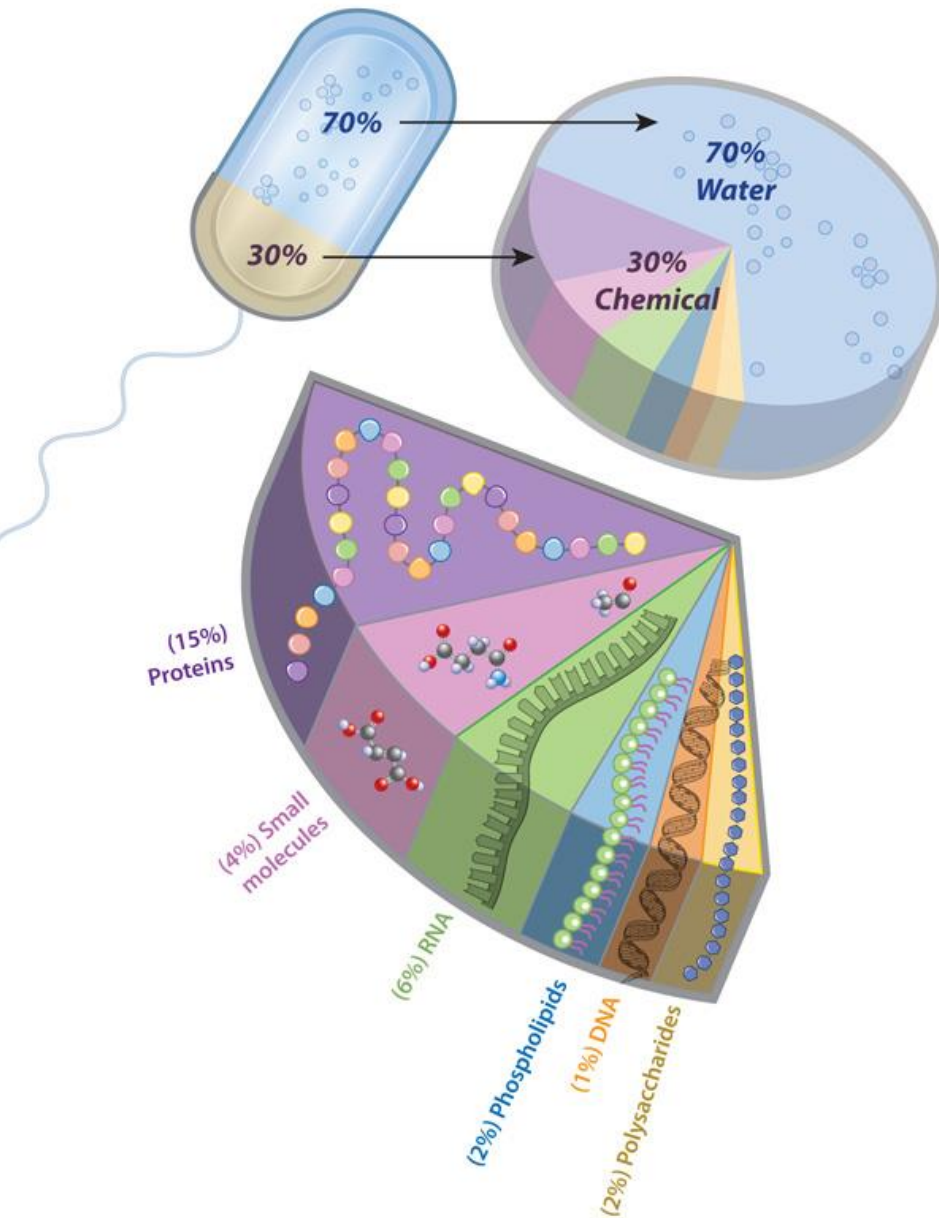


Figure 3.30 Flagella and Fimbriae. The long flagella and the numerous shorter fimbriae are very evident in this electron micrograph of *Proteus vulgaris* ($\times 39,000$).



□ آب، کربن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر

□ Analysis of microbial cell composition shows that over 95% of cell dry weight is made up of a few major elements: carbon, oxygen, hydrogen, nitrogen, sulfur, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and iron.

□ These are called **macroelements** or macronutrients because they are required by microorganisms in relatively large amounts.

□ The first six (C, O, H, N, S, and P) are components of carbohydrates, lipids, proteins, and nucleic acids.

تولید مثل باکتری‌ها

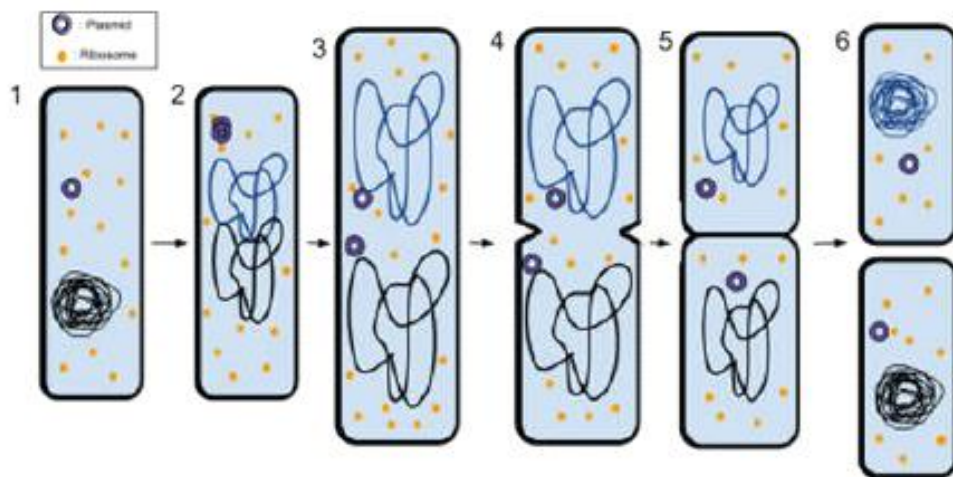
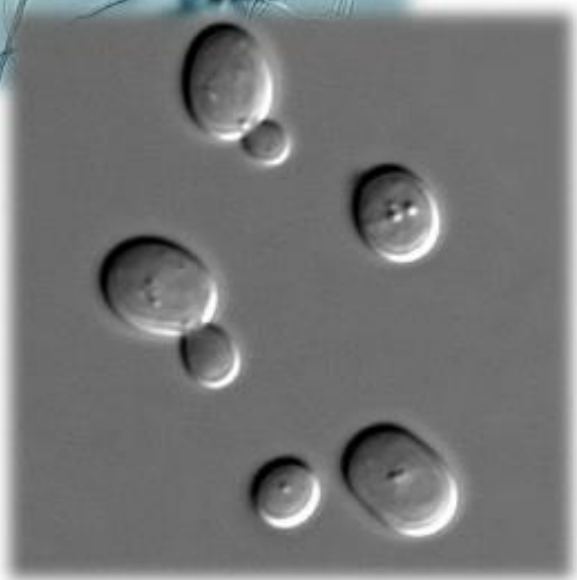


از طریق Binary fission
شکافت دوتایی

از طریق Streptomyces
قارچ‌های رشته‌ای

از طریق Budding
جوانه زدن

□ تکثیر باکتری‌ها:



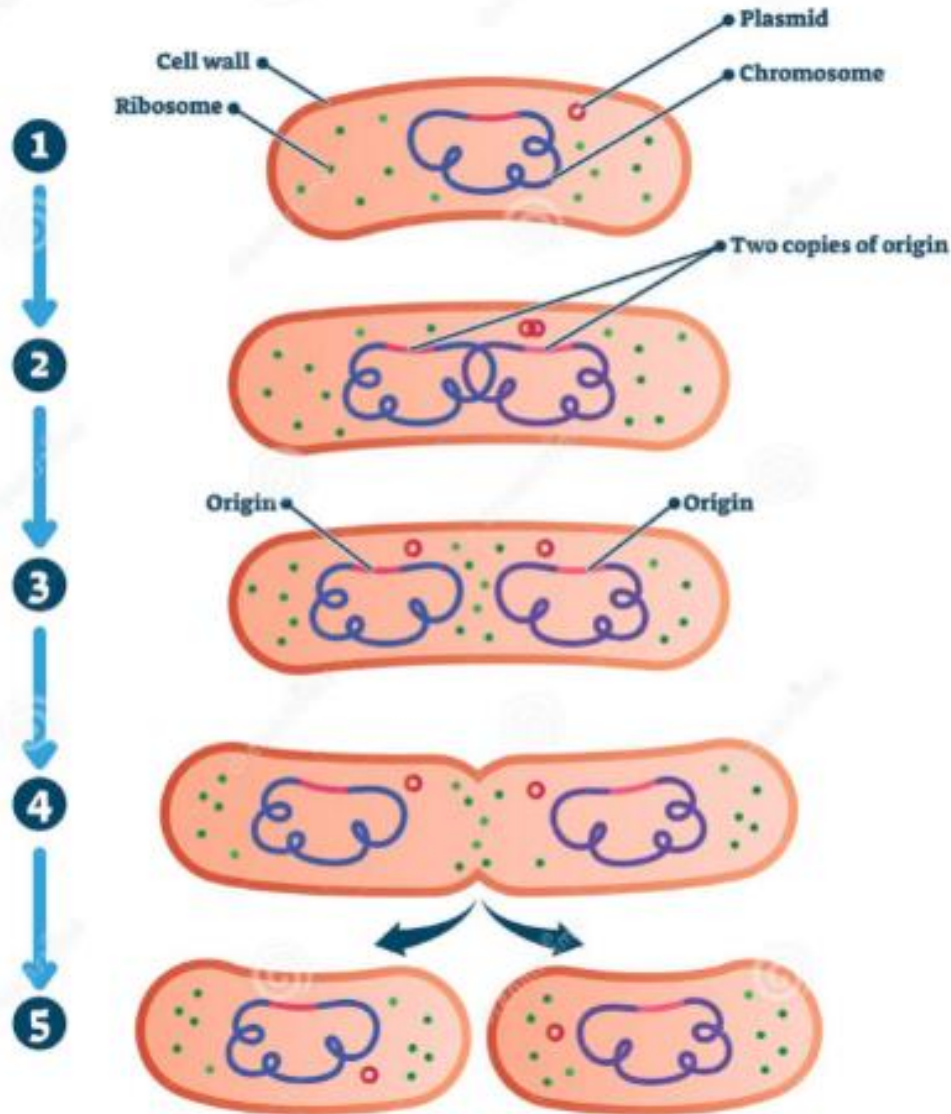
Streptomyces

- ❑ Streptomyces is a genus of Gram-positive bacteria that grows in various environments, and its shape resembles filamentous fungi.
- ❑ The morphological differentiation of Streptomyces involves the formation of a layer of hyphae that can differentiate into a chain of spores.

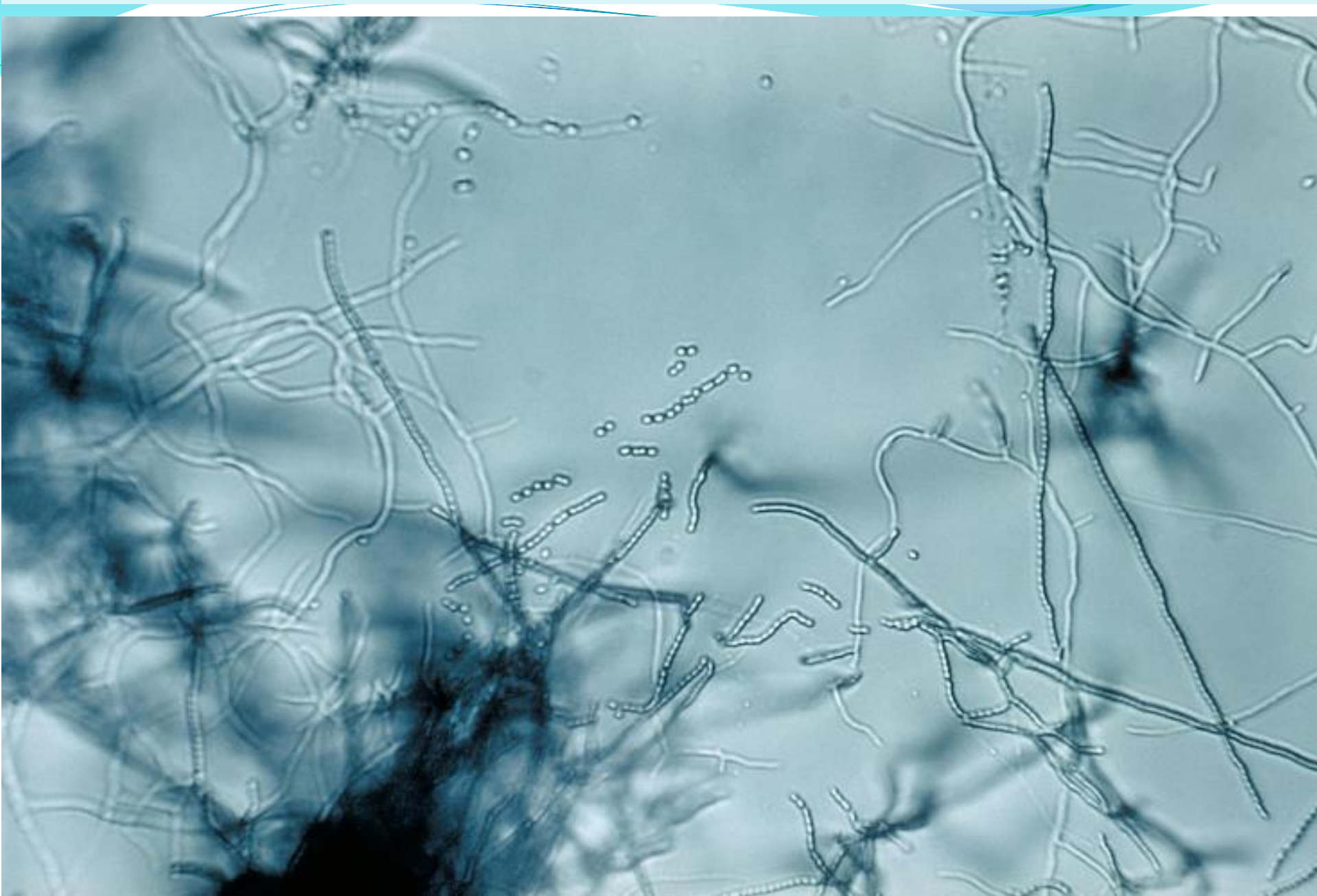
- ❑ استرپتومایسس گونه‌ای از باکتری‌های گرم مثبت است که در محیط‌های مختلف رشد می‌کند و شکل آن شبیه قارچ‌های رشته‌ای است.
- ❑ تمایز مورفولوژیکی استرپتومایسس شامل تشکیل یک لایه هیف است که می‌تواند به زنجیره‌ای از هاگ تمایز یابد.

Binary fission

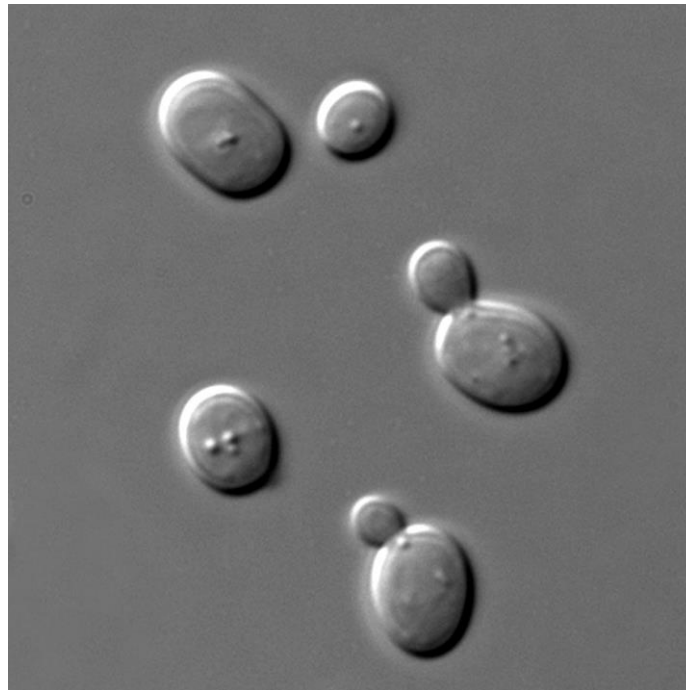
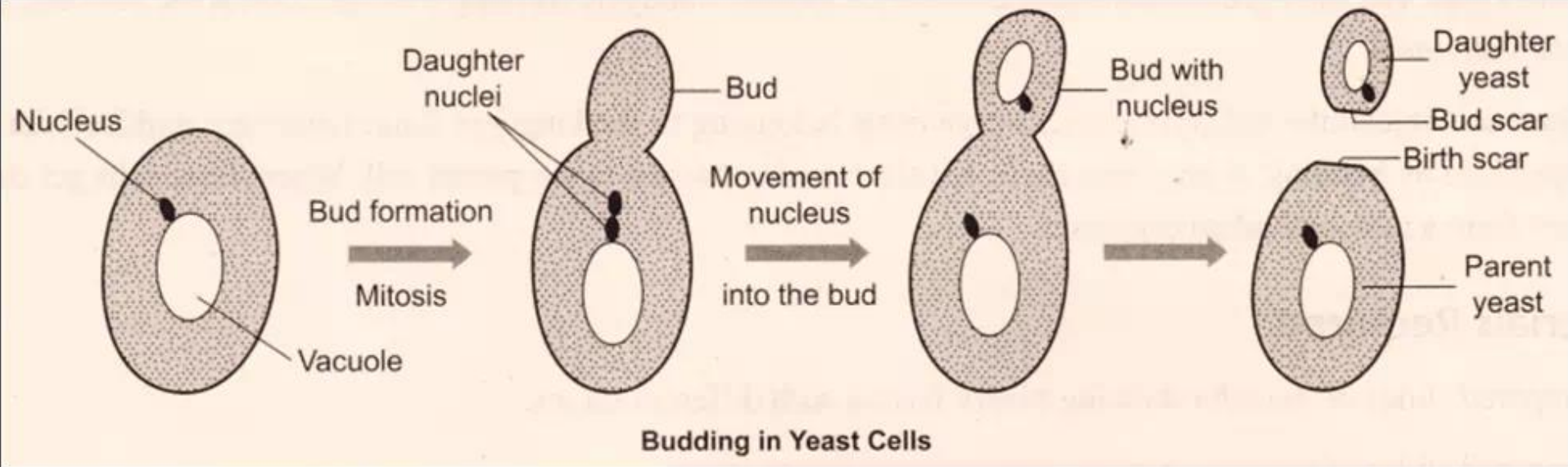
BINARY FISSION



Streptomyces

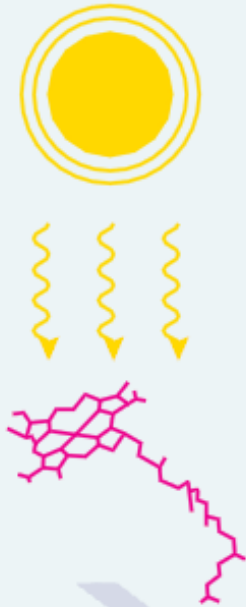


Budding



تأمین انرژی پروکاریوت‌ها

PHOTOTROPHY



CHEMOORGANOTROPHY

Reduced organic compound Oxidized organic compound



CHEMOLITHOTROPHY

Reduced inorganic compound Oxidized inorganic compound



Chemical energy



Work

:Phototroph

نور و دی‌اکسیدکربن

:Chemotroph

مواد شیمیایی

Sources of Energy for Microorganisms

- ❑ Most microorganisms employ one of three energy sources.
- ❑ Phototrophs trap radiant energy from the sun using pigments such as bacteriochlorophyll and chlorophyll.
- ❑ Chemotrophs oxidize reduced organic and inorganic nutrients to liberate and trap energy.
- ❑ The chemical energy derived from these three sources can then be used in work.

❑ اکثر میکروارگانیسم‌ها از یکی از سه منبع انرژی استفاده می‌کنند.

❑ فوتوتروف‌ها انرژی تابشی خورشید را با استفاده از رنگدانه‌هایی مانند باکتریوکلروفیل و کلروفیل به دام می‌اندازند.

❑ شیمی‌تروف‌ها مواد مغذی آلی و معدنی کاهش‌یافته را اکسید می‌کنند تا انرژی را آزاد کرده و به دام بیاندازند.

❑ سپس انرژی شیمیایی حاصل از این سه منبع را می‌توان در کار استفاده کرد.

تأمین انرژی پروکاریوت‌ها

□ باکتری‌ها از نظر تأمین انرژی و منبع کربن:

:Oxygenic phototroph

از آب الکترون گرفته و آن را به هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌کند.

:Anoxygenic phototroph

الکترون را به جای آب، از ترکیبات گوگردی می‌گیرند.

:Phototroph

نور و دی‌اکسید کربن

:Chemoorganotroph مواد آلی

:Chemolithotroph مواد غیرآلی

:Chemotroph

مواد شیمیایی

تأمین انرژی پروکاریوت‌ها

Autotroph: کربن غیرآلی

خودپرورد

Heterotroph: کربن آلی

ناخودپرورد، دگرپرورد

باکتری‌ها از نظر نوع کربن مورد استفاده:

❑ باکتری‌های اتوتروف، کربن غیرآلی را برای ساخت مولکول‌های زیستی و اجزای سلولی به کار می‌برند.

❑ باکتری‌های هتروتروف، از اکسیداسیون منبع کربن آلی، برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند.



باکتری‌های اتوتروف

❑ Autotrophic bacteria synthesize their own food. They derive energy from light or chemical reactions. They utilize simple **inorganic compounds** like carbon dioxide, water, hydrogen sulfide, etc. and convert them into organic compounds like carbohydrates, proteins, etc. to supplement their energy requirements.

❑ باکتری‌های اتوتروف غذای خود را سنتز می‌کنند. آن‌ها انرژی را از نور یا واکنش‌های شیمیایی به دست می‌آورند. آن‌ها از **ترکیبات معدنی** ساده مانند دی‌اکسید کربن، آب، سولفید هیدروژن و غیره استفاده می‌کنند و آن‌ها را به ترکیبات آلی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و غیره تبدیل می‌کنند تا انرژی مورد نیاز خود را تکمیل کنند.

باکتری‌های هتروتروف

❑ Heterotrophic bacteria, which include all pathogens, obtain energy from oxidation of **organic compounds**. Carbohydrates (particularly glucose), lipids, and protein are the most commonly oxidized compounds.

❑ باکتری‌های هتروتروف که شامل همه عوامل بیماری‌زا هستند، از اکسیداسیون **ترکیبات آلی** انرژی می‌گیرند. کربوهیدرات‌ها (به ویژه گلوکز)، لیپیدها و پروتئین‌ها رایج‌ترین ترکیبات اکسیدشده هستند.

Temperature and Growth

تأثیر دما بر نرخ رشد: □

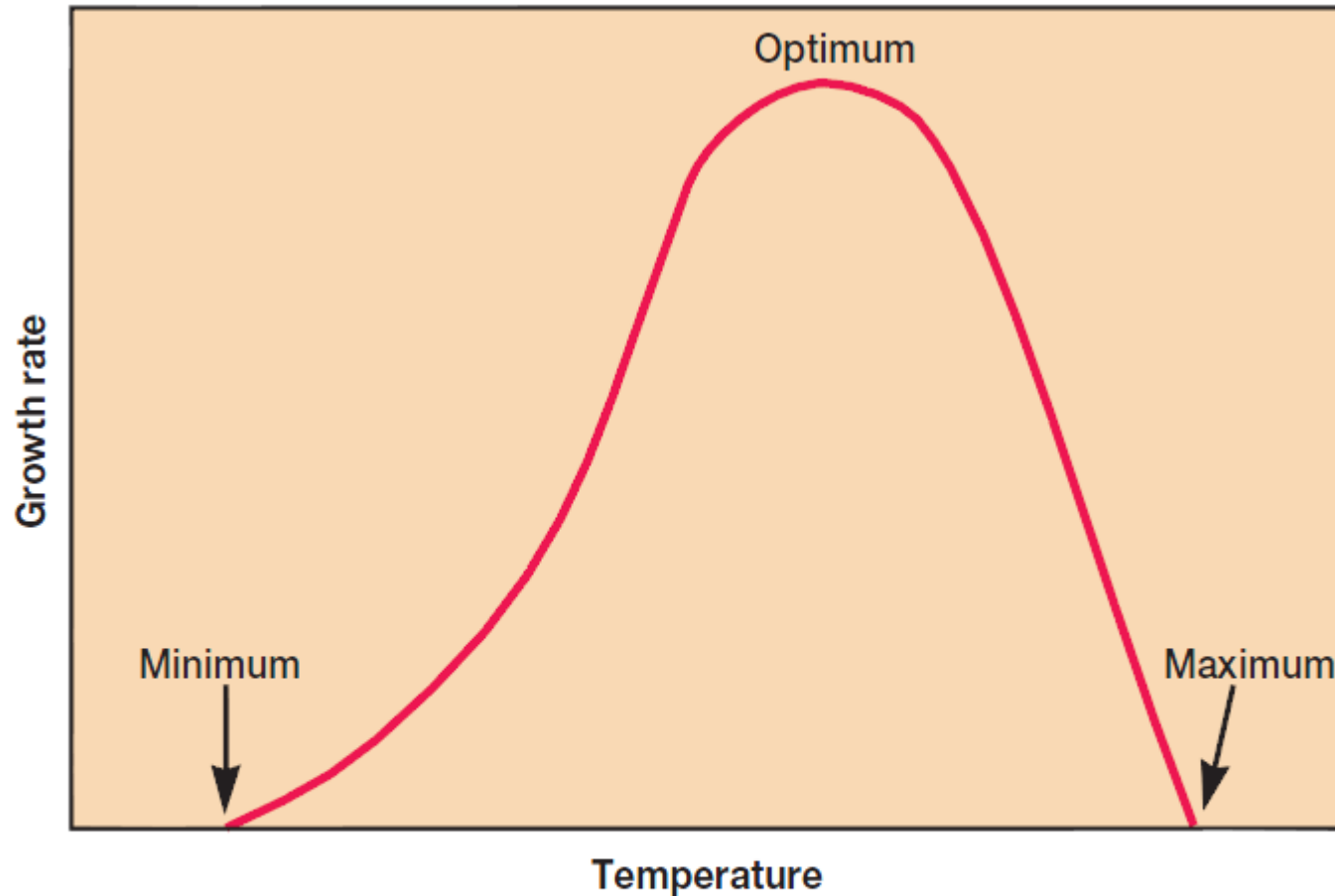


Figure 6.12 Temperature and Growth. The effect of temperature on growth rate.

Temperature Ranges for Microbial Growth

- ❑ Microorganisms can be placed in different classes based on their temperature ranges for growth.
- ❑ They are ranked in order of increasing growth temperature range as psychrophiles, psychrotrophs, mesophiles, thermophiles, and hyperthermophiles.
- ❑ Representative ranges and optima for these five types are illustrated here.

❑ میکروارگانیسم‌ها را می‌توان بر اساس محدوده دمایی آن‌ها برای رشد در طبقات مختلف قرار داد.

❑ آن‌ها به ترتیب افزایش محدوده دمای رشد به عنوان سایکروفیل‌ها (سرما دوست‌ها)، سایکروتروف‌ها (سرما پرورده‌ها)، مزوفیل‌ها (معتدل دوست‌ها)، ترموفیل‌ها و هایپرترموفیل‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

❑ محدوده‌های معرف و بهینه برای این پنج نوع در اینجا نشان داده شده است.

Temperature Ranges for Microbial Growth

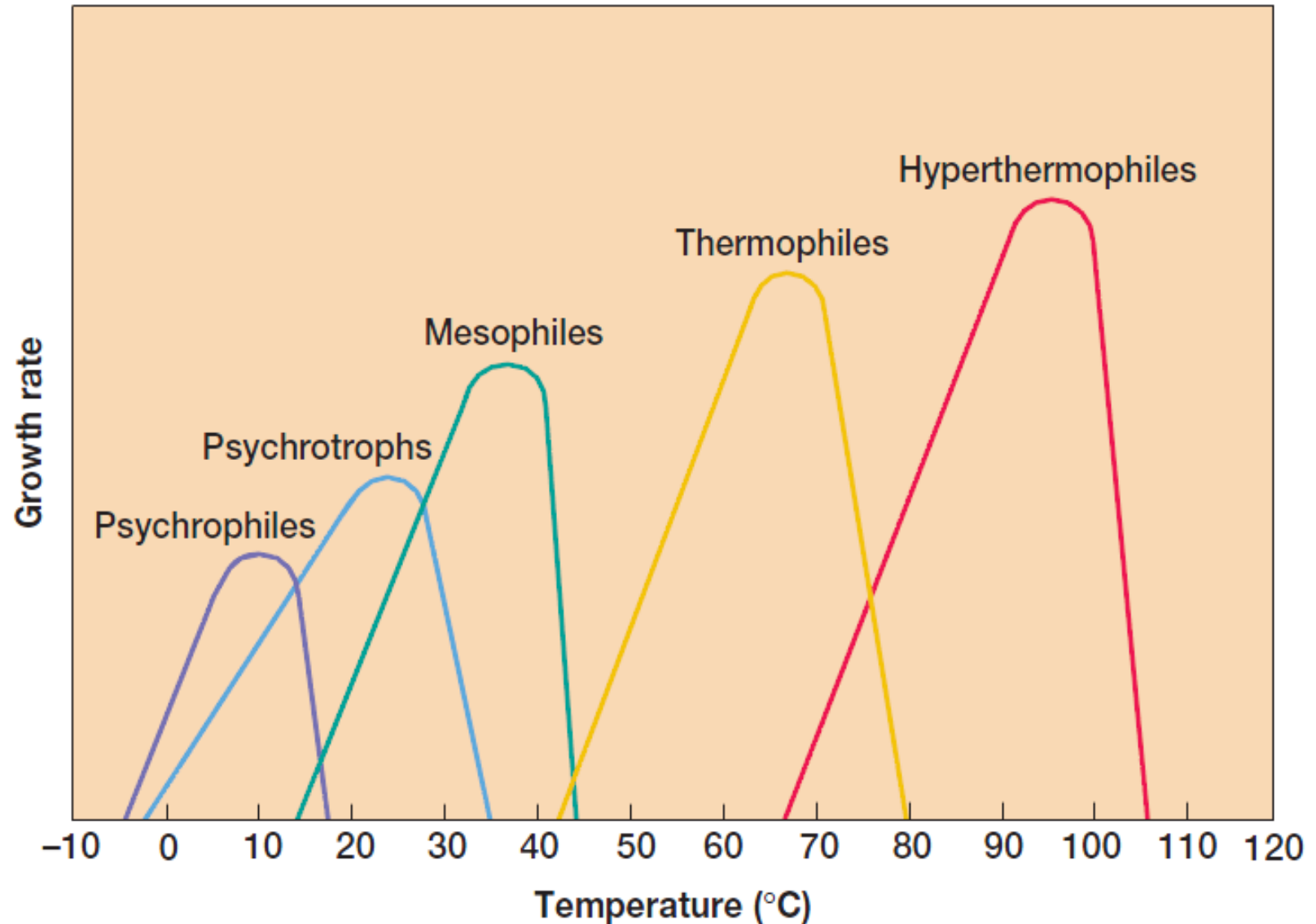


Figure 6.13 Temperature Ranges for Microbial Growth.

دمای رشد پروکاریوت‌ها

□ دسته‌بندی باکتری‌ها از نظر دمای رشد:

-5 to 18 °C

Psychrophiles

-2 to 35 °C

Psychrotrophs

14 to 44 °C

Mesophiles

42 to 80 °C

Thermophiles

67 to 106 °C

Hyperthermophiles

pH مناسب رشد بین ۶ تا ۸ می‌باشد.

Effect of Temperature on Bioleaching Microorganisms

□ The Ratkowsky equation is as follows:

$$\sqrt{1/t} = b (T - T_{\min}) (1 - e^{c(T - T_{\max})}), \quad (11.1)$$

□ where T is the temperature,

□ t is generally the generation time or the time taken to reach a specific condition (e.g., the time taken for a culture to increase its optical density to 0.3 absorbance units),

□ $T_{\min}$ is the theoretical extrapolated minimum temperature for growth,

□ $T_{\max}$ is the theoretical extrapolated maximal temperature for growth, and

□ b and c are fitting parameters.

تأثیر دما بر میکروارگانیزم‌های بیولیچینگ

□ معادله راتکوفسکی به صورت زیر است:

$$\sqrt{1/t} = b (T - T_{\min}) (1 - e^{c(T - T_{\max})}), \quad (11.1)$$

□ که در آن T دما است،

□ t به‌طور کلی زمان تولید یا زمان صرف‌شده برای رسیدن به یک شرایط خاص

است (به عنوان مثال، زمان صرف‌شده برای یک (محیط) کشت، برای افزایش چگالی نوری‌اش به 0.3 واحد جذب)،

□ $T_{\min}$ حداقل دمای برون‌یابی‌شده نظری برای رشد است،

□ $T_{\max}$ حداکثر دمای برون‌یابی‌شده نظری برای رشد است و

□ b و c پارامترهای برازش هستند.

دمای رشد پروکاریوت‌ها

□ رابطه Ratkowsky برای تأثیر دما بر رشد باکتری

$$\sqrt{1/t} = b (T - T_{\min}) (1 - e^{c(T - T_{\max})}), \quad (11.1)$$

T : دمای محیط رشد

t : زمان موردنیاز برای رسیدن رشد به مقدار مشخص

$T_{\min}$: کمینه دمای موردنیاز برای رشد

$T_{\max}$: بیشینه دمای موردنیاز برای رشد

b و c ضرایب انطباق

David A. Ratkowsky

Library | Students | Staff | MyLO | Contacts

Search



UNIVERSITY of
TASMANIA

Study ▾

Research ▾

Community ▾

About UTAS ▾

PROFILES

[UTAS Home](#) > Dr David Ratkowsky



David Ratkowsky

Honorary Research Professor

Life Sciences , Sandy Bay Campus

+61 3 6226 7580 (phone)

+61 3 6226 2642 (fax)

D.Ratkowsky@utas.edu.au

Research

Publications

Funding

<https://www.utas.edu.au/profiles/staff/tia/david-ratkowsky>

pH مناسب رشد

❑ باکتری‌ها معمولاً در pH خنثی (۶/۵ - ۷/۵) رشد می‌کنند.

❑ بنابراین، اسیدیته بالا از رشد بسیاری از میکروب‌ها جلوگیری می‌کند (مثلاً نگهداری مواد غذایی به شکل ترشی).

❑ تولیدات اسیدی باکتری‌ها، باعث از بین رفتن تعادل محیط رشد آن‌ها می‌شود و برای حفظ اسیدیته، استفاده از محیط رشد بافر ضروری است.

❑ بسیاری از باکتری‌های اکسیدکننده آهن در pH زیر یک نمی‌توانند رشد کنند.

pH مناسب رشد

❑ ۱. اسیددوست (Acidophile)

pH مناسب رشد آنها بین صفر تا ۵/۴ می باشد.

مانند رشد *Ferroplasma acidarmanus* (اکسیدکننده آهن) در pH صفر
یا گونه *Lactobacillus* در محیط اسیدی

❑ ۲. خنثی دوست (Neutrophile)

pH مناسب رشد آنها بین ۵/۴ تا ۸/۵ می باشد.

❑ آلکالی دوست (Alkaliphile)

در pH بین ۷ تا ۱۲ رشد می کنند.

مانند *Vibrio cholerae* و *Alkaligenes faecalis* در pH=9

و گونه *Agrobacterium* در pH=12

Oxygen and Bacterial Growth

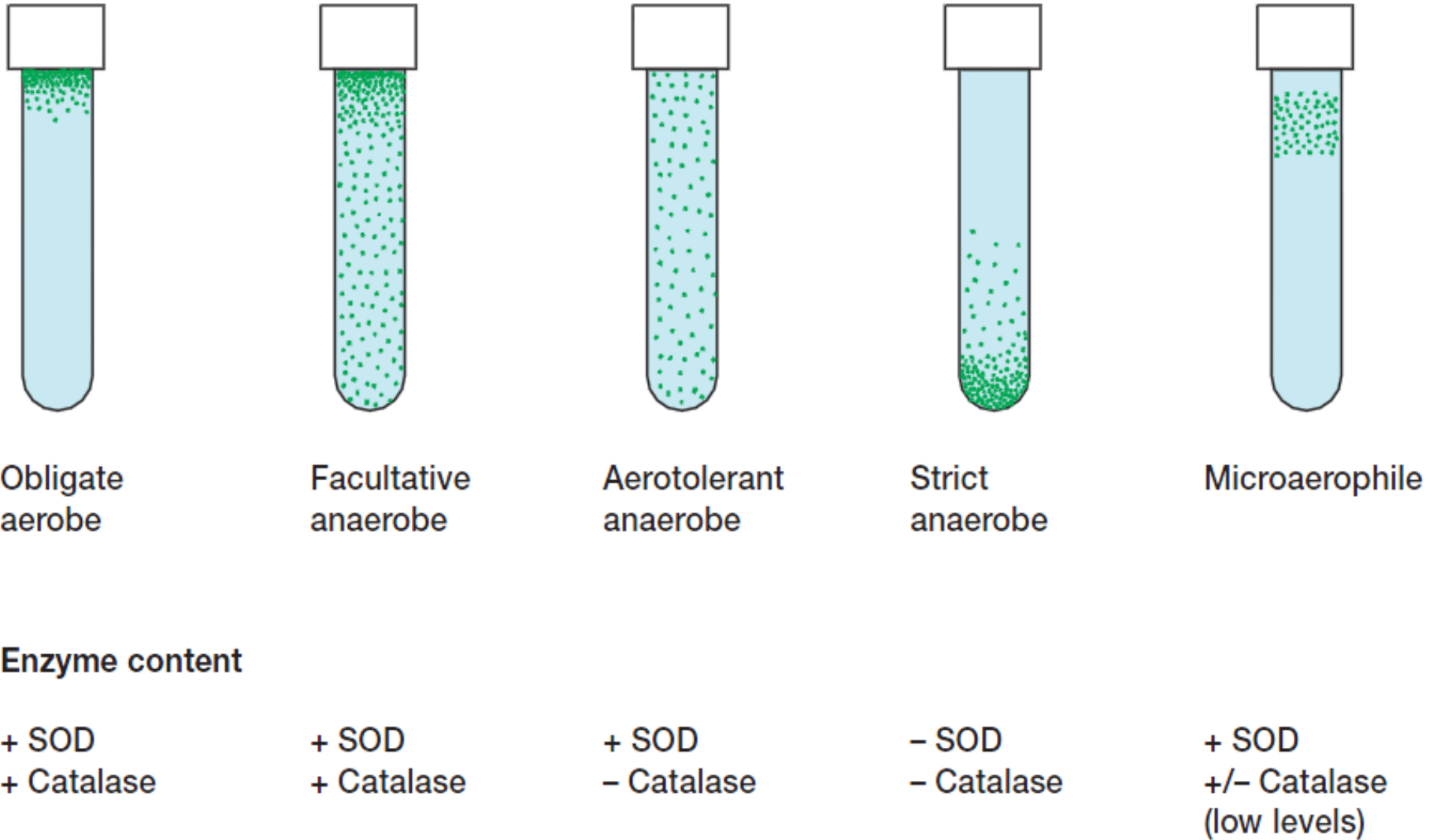
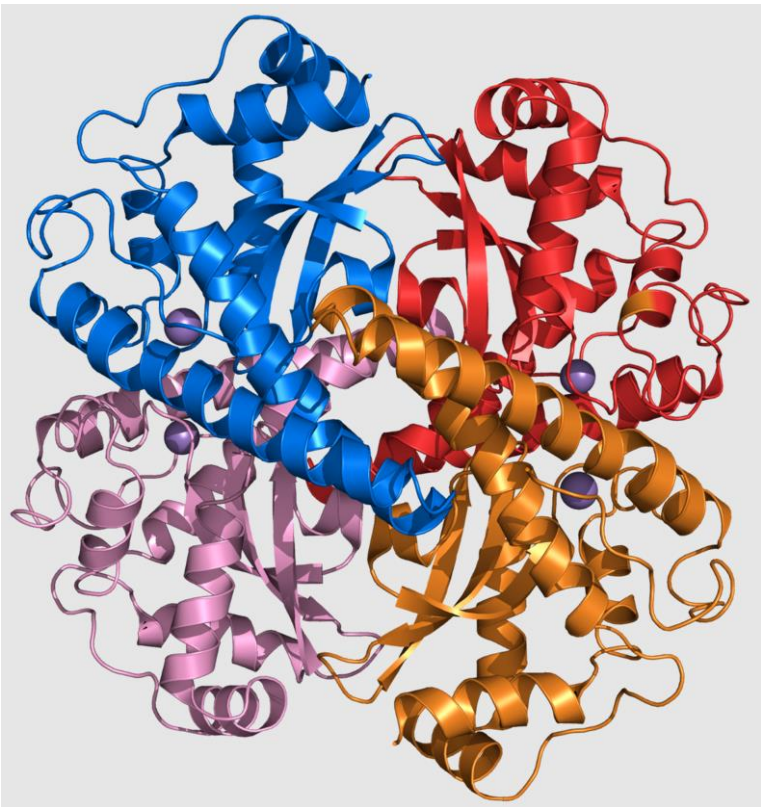


Figure 6.14 Oxygen and Bacterial Growth.

SOD (superoxide dismutase)

- ❑ Superoxide dismutase (SOD) is an enzyme that alternately catalyzes the dismutation (or partitioning) of the superoxide (O_2^-) radical into ordinary molecular oxygen (O_2) and hydrogen peroxide (H_2O_2).



❑ سوپراکسید دیسموتاز (SOD) آنزیمی است که به طور متناوب تغییر شکل (یا تقسیم) رادیکال سوپراکسید (O_2^-) را به اکسیژن مولکولی معمولی (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) کاتالیز می کند.

Catalase

❑ Catalase is a **heme** enzyme that is present in the **peroxisome** of nearly all aerobic cells. Catalase converts the reactive oxygen species hydrogen peroxide to water and oxygen and thereby **mitigates** the toxic effects of hydrogen peroxide.

❑ کاتالاز یک آنزیم هم (خون‌نگزا) است که در

پراکسی‌زوم (اندامک‌های میکروسکوپی داخل سلولی

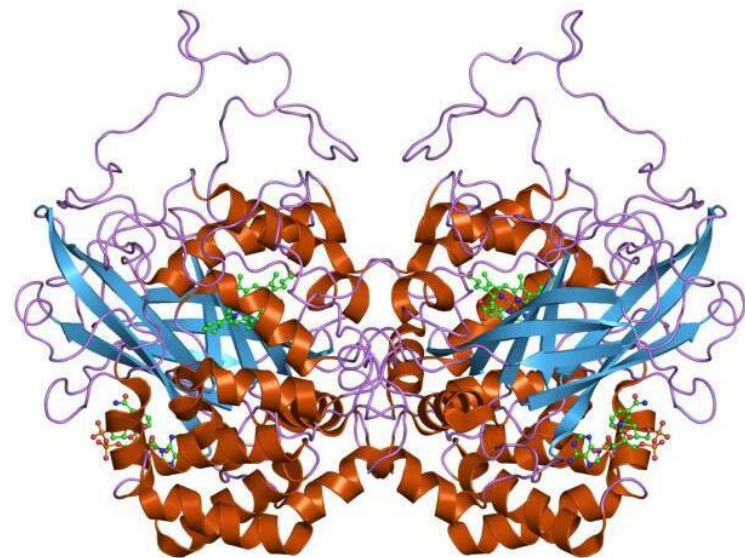
که در داخل آن‌ها تنفس نوری صورت می‌گیرد) تقریباً

تمام سلول‌های هوازی وجود دارد. کاتالاز گونه‌های

فعال اکسیژن پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن

تبدیل می‌کند و در نتیجه اثرات سمی پراکسید

هیدروژن را کاهش می‌دهد.



Oxygen and Bacterial Growth

- ❑ An illustration of the growth of bacteria with varying responses to oxygen.
- ❑ Each dot represents an individual bacterial colony within the agar or on its surface.
- ❑ The surface, which is directly exposed to atmospheric oxygen, will be aerobic.
- ❑ The oxygen content of the medium decreases with depth until the medium becomes anaerobic toward the bottom of the tube.
- ❑ The presence and absence of the enzymes superoxide dismutase (SOD) and catalase for each type are shown.

اکسیژن و رشد باکتریایی

❑ تصویری از رشد باکتری‌ها با پاسخ‌های متفاوت به اکسیژن.

❑ هر نقطه نشان‌دهنده یک کلونی باکتریایی منفرد در داخل آگار یا روی سطح آن است.

❑ سطحی که مستقیماً در معرض اکسیژن اتمسفر قرار دارد هوایی خواهد بود.

❑ محتوای اکسیژن محیط‌کشت با عمق کاهش می‌یابد تا زمانی که محیط‌کشت به سمت پایین لوله بی‌هوایی شود.

❑ وجود و عدم‌وجود آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز برای هر نوع نشان داده شده است.

کاتالاز (آنزیمی که در بافت‌ها و خون وجود دارد و پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند).

Agar

- ❑ Agar is a jelly-like substance consisting of polysaccharides obtained from the cell walls of some species of red algae, primarily from ogonori (*Gracilaria*) and "tengusa" (*Gelidiaceae*).

❑ آگار یک ماده ژله مانند متشکل از پلی ساکاریدهایی است که از دیواره سلولی برخی از گونه های جلبک قرمز، عمدتاً از اوگونوری (*Gracilaria*) و تنگوسا (*Gelidiaceae*) به دست می آید.



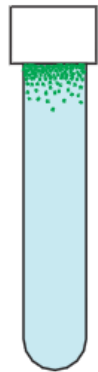
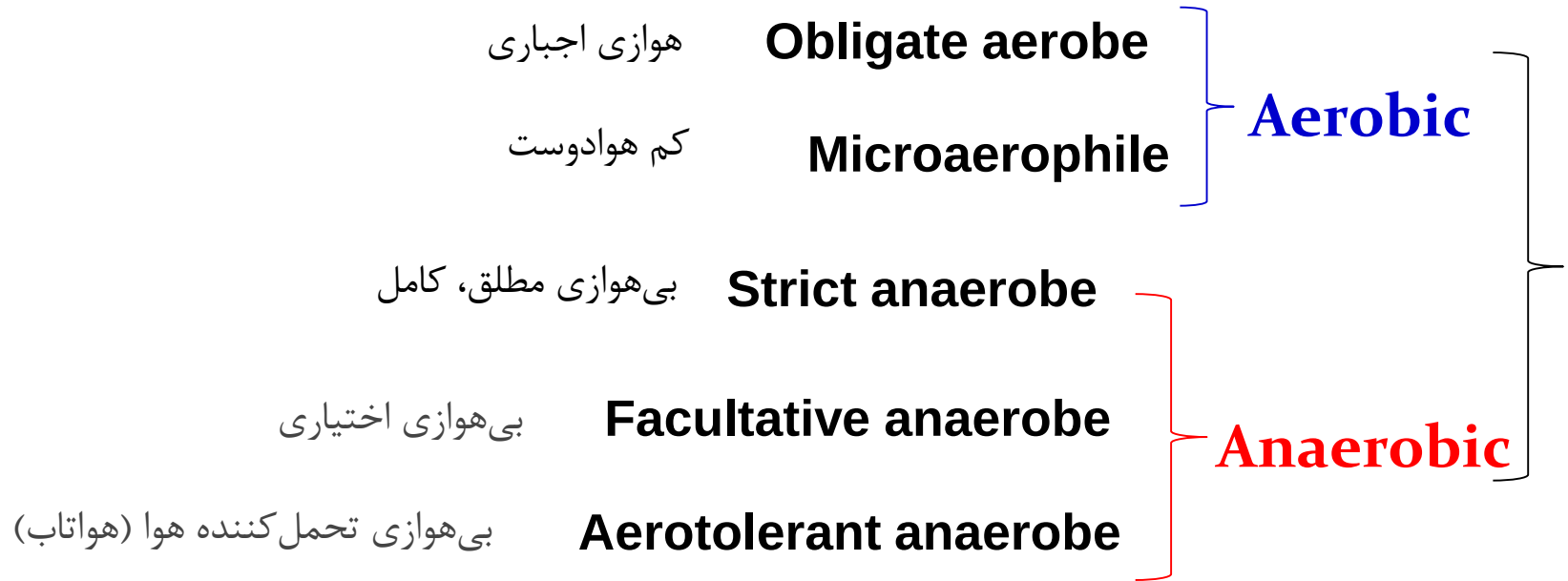
A blood agar plate used to culture bacteria and diagnose infection



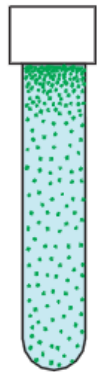
Ogonori, the most common red algae used to make agar

تأمین اکسیژن پروکاریوت‌ها

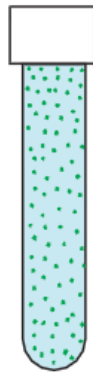
□ باکتری‌ها از دید نیاز به اکسیژن:



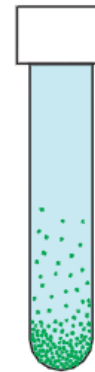
Obligate aerobe



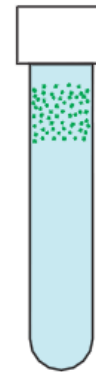
Facultative anaerobe



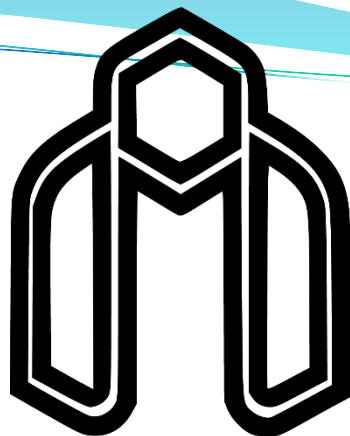
Aerotolerant anaerobe



Strict anaerobe



Microaerophile



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه سوم

اصول میکروبیولوژی-۱

تأمین اکسیژن پروکاریوت‌ها



T. ferrooxidans

L. ferrooxidans

T. thiooxidans



H_2S

Sulfate Reducing Bacteria (SRB)

Sulfate-Reducing Bacteria (SRB)

What Does Sulfate-Reducing Bacteria (SRB) Mean?

- ❑ Sulfate-reducing bacteria (SRB) are bacteria that can obtain energy by oxidizing organic compounds or molecular hydrogen while reducing sulfate to hydrogen sulfide.
- ❑ Most sulfate-reducing bacteria can also reduce other oxidized inorganic sulfur compounds, such as sulfite, thiosulfate/elemental sulfur.
- ❑ Sulfate-reducing bacteria is the most important microbe for anaerobic corrosion of buried pipelines in soils.
- ❑ SRB can remove molecular hydrogen from the cathode, leading to cathodic depolarization of the metal surface.
- ❑ Iron sulfide or scale by SRB is accumulated on surfaces of metals, which accelerates the dissolution of the iron.

باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB)

باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB) به چه معناست؟

- باکتری‌های احیاکننده سولفات (SRB) باکتری‌هایی هستند که می‌توانند با اکسید کردن ترکیبات آلی یا هیدروژن مولکولی انرژی دریافت کنند درحالی‌که سولفات را به سولفید هیدروژن احیا می‌کنند.
- اکثر باکتری‌های کاهنده سولفات همچنین می‌توانند دیگر ترکیبات گوگرد معدنی اکسیدشده مانند سولفیت، تیوسولفات/گوگرد عنصری را کاهش دهند.
- باکتری کاهنده سولفات مهمترین میکروب برای خوردگی بی‌هوازی خطوط لوله مدفون در خاک‌ها است.
- SRB می‌تواند هیدروژن مولکولی را از کاتد حذف کند، که منجر به دیپلاریزاسیون (قطبش‌زدائی) کاتدی سطح فلز می‌شود.
- سولفید یا رسوب آهن توسط SRB روی سطوح فلزات انباشته می‌شود که انحلال آهن را تسریع می‌کند.

مسیر احیای سولفات به سولفید

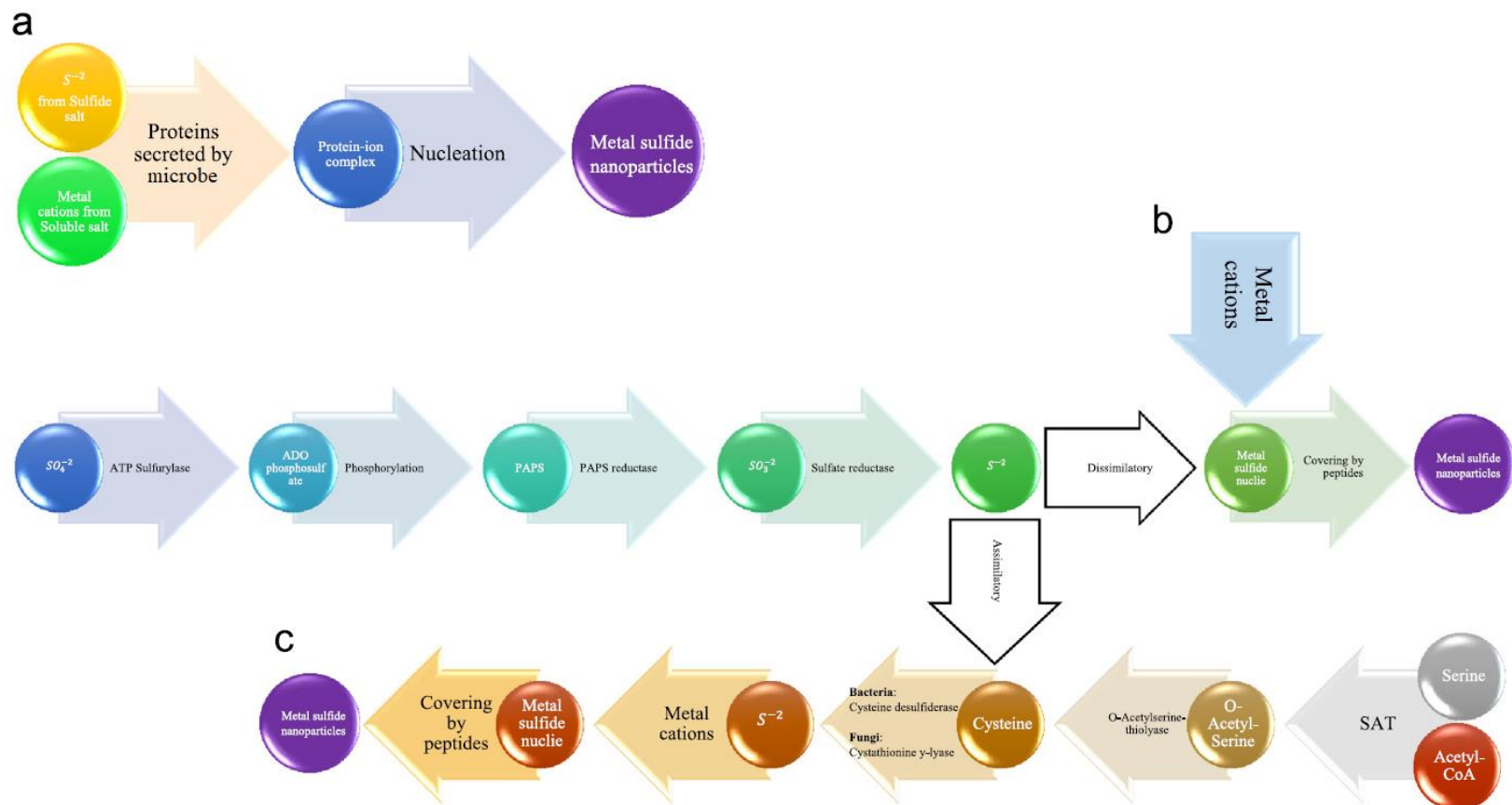
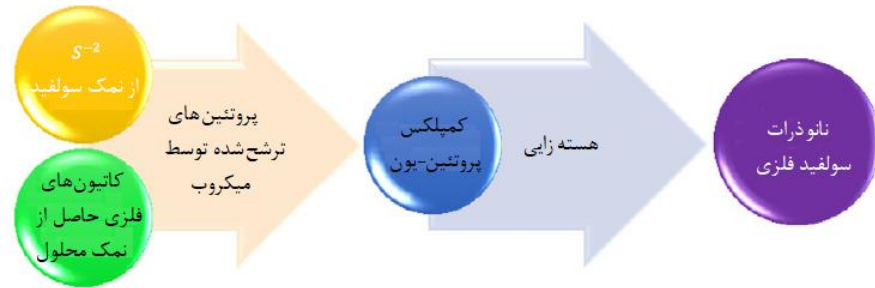


Fig. 1. Biological generation of metal sulfide nanoparticles via complexation of sulfide and metal ions with secreted proteins (a), dissimilatory (b), and assimilatory (c) sulfate reduction mechanisms [5,12,30,43]. ATP: Adenosine triphosphate; ADO: adenosine; PAPS: 3'-Phosphoadenosine-phosphosulfate; SAT: serine acetyltransferase.

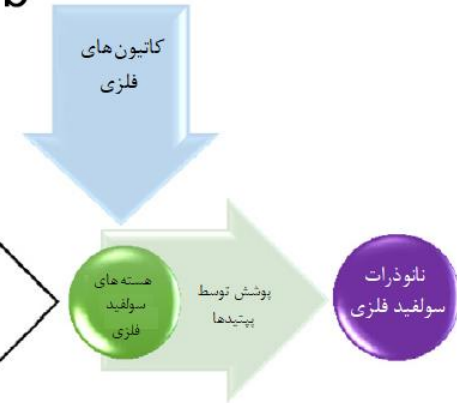
تولید بیولوژیکی نانوذرات سولفید فلزی از طریق ترکیب سولفید و یونهای فلزی با مکانیسمهای کاهش سولفات الف) پروتئین ترشح شده، ب) غیرمشابه (غیرجذب)، ج) شباهت دار (جذب). ATP: آدنوزین تری فسفات؛ ADO: آدنوزین؛ PAPS: 3':-فسفوآدنوزین-فسفوسولفات؛ SAT: سرین استیل ترانسفراز.

مسیر احیای سولفات به سولفید

a



b



c



تولید بیولوژیکی نانوذرات سولفید فلزی از طریق ترکیب سولفید و یون های فلزی با مکانیسم های کاهش سولفات (الف) پروتئین ترشح شده، (ب) غیرمشابه (غیرجذبی)، (ج) شباهت دار (جذبی). ATP: آدنوزین تری فسفات؛ ADO: آدنوزین؛ PAPS: ۳'-فسفوآدنوزین-فسفوسولفات؛ SAT: سرین استیل ترانسفراز.

مسیر احیای سولفات به سولفید

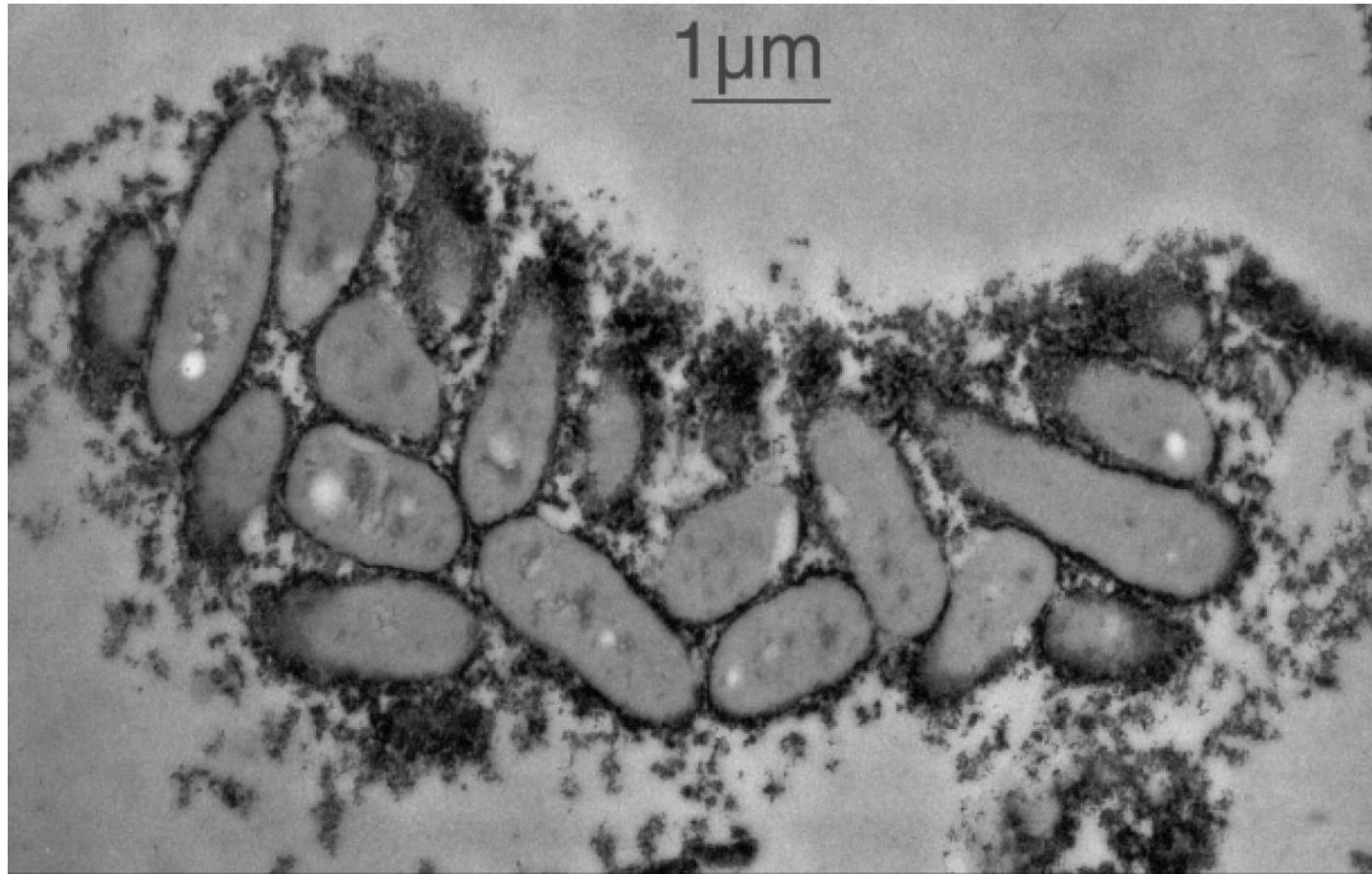
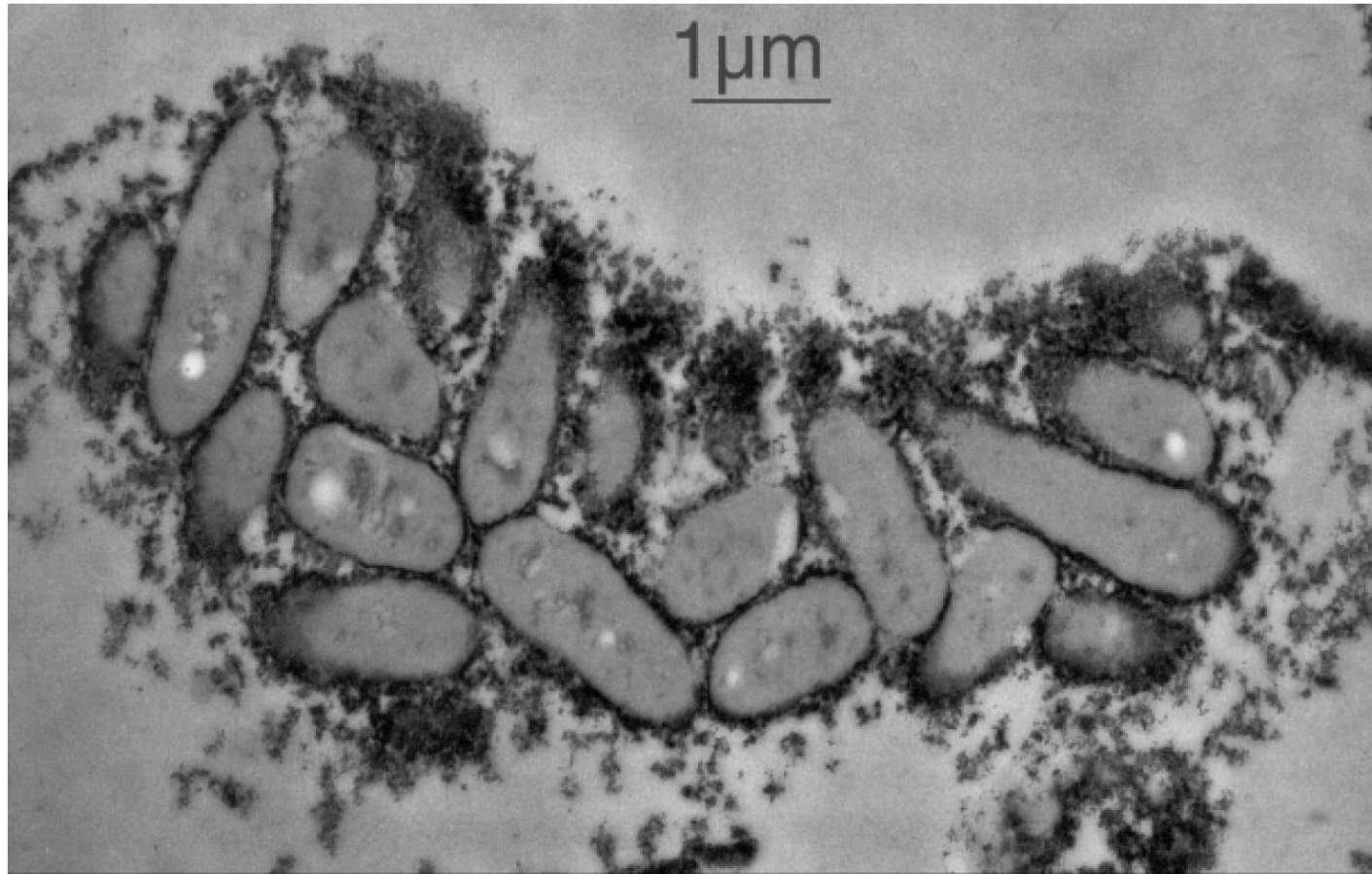


Figure 6. Unstained, ultrathin section transmission electron micrograph of a mineralized bacterial microcolony from a sulfate-reducing bacterial consortium grown with lactate in the presence of Fe(II). The cells are encrusted with amorphous iron sulfides. Figure kindly supplied by W. Stanley and G. Southam.

مسیر احیای سولفات به سولفید



میکروگراف الکترونی انتقالی بدون رنگ و با مقطع بسیار نازک از یک میکروکلونی باکتری معدنی شده حاصل از کنسرسیون (مشارکت) باکتریایی کاهنده سولفات که با لاکتات در حضور Fe(II) رشد کرده است. سلول‌های داخل با سولفیدهای آهن آمورف پوشیده شده‌اند.

Lactate is a hydroxy monocarboxylic acid anion that is the conjugate base of **lactic** acid, arising from deprotonation of the carboxy group.

ساختار غشاء و دیواره باکتری‌ها

□ باکتری‌های گرم مثبت و منفی (Gram positive/negative)

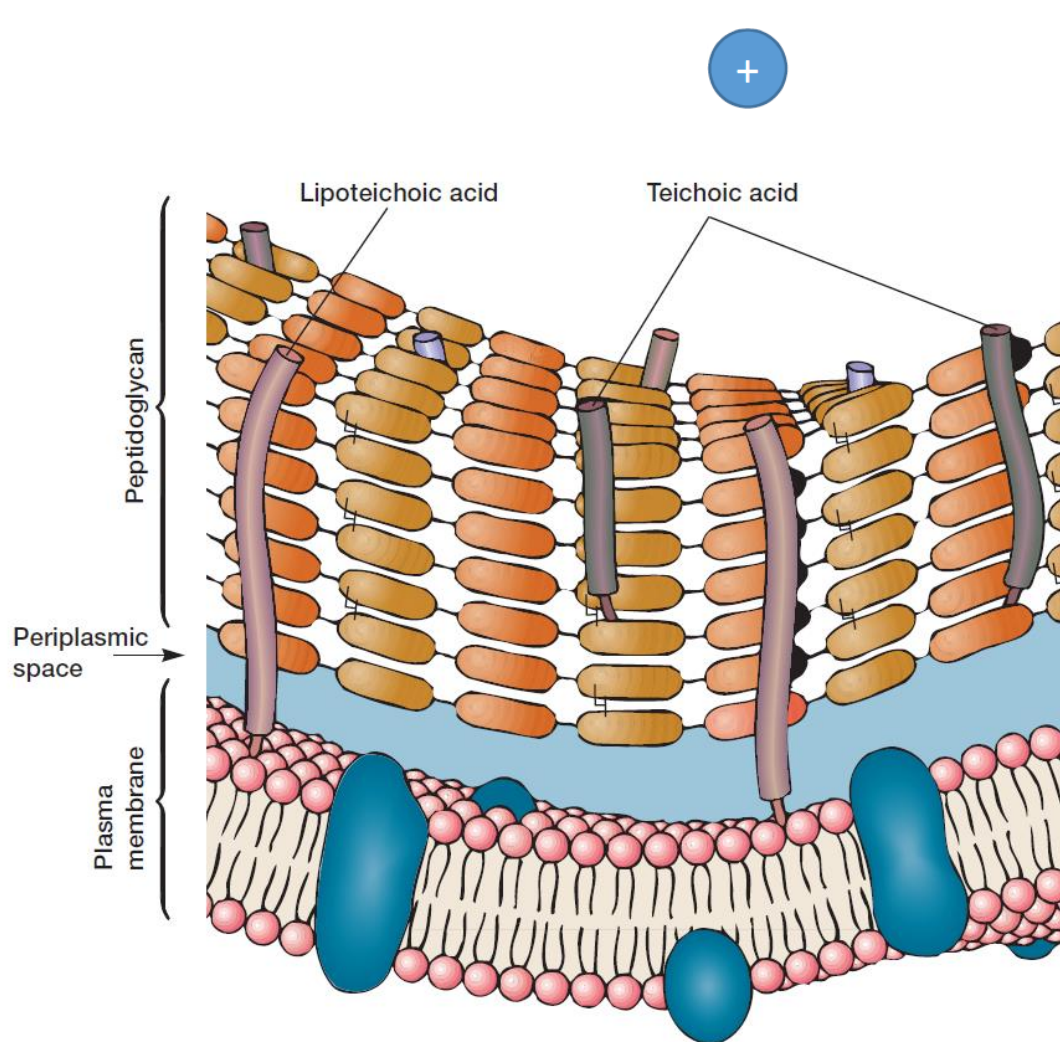


Figure 3.21 The Gram-Positive Envelope.

ساختار غشاء و دیواره باکتری‌ها

□ باکتری‌های گرم مثبت و منفی (Gram positive/negative)

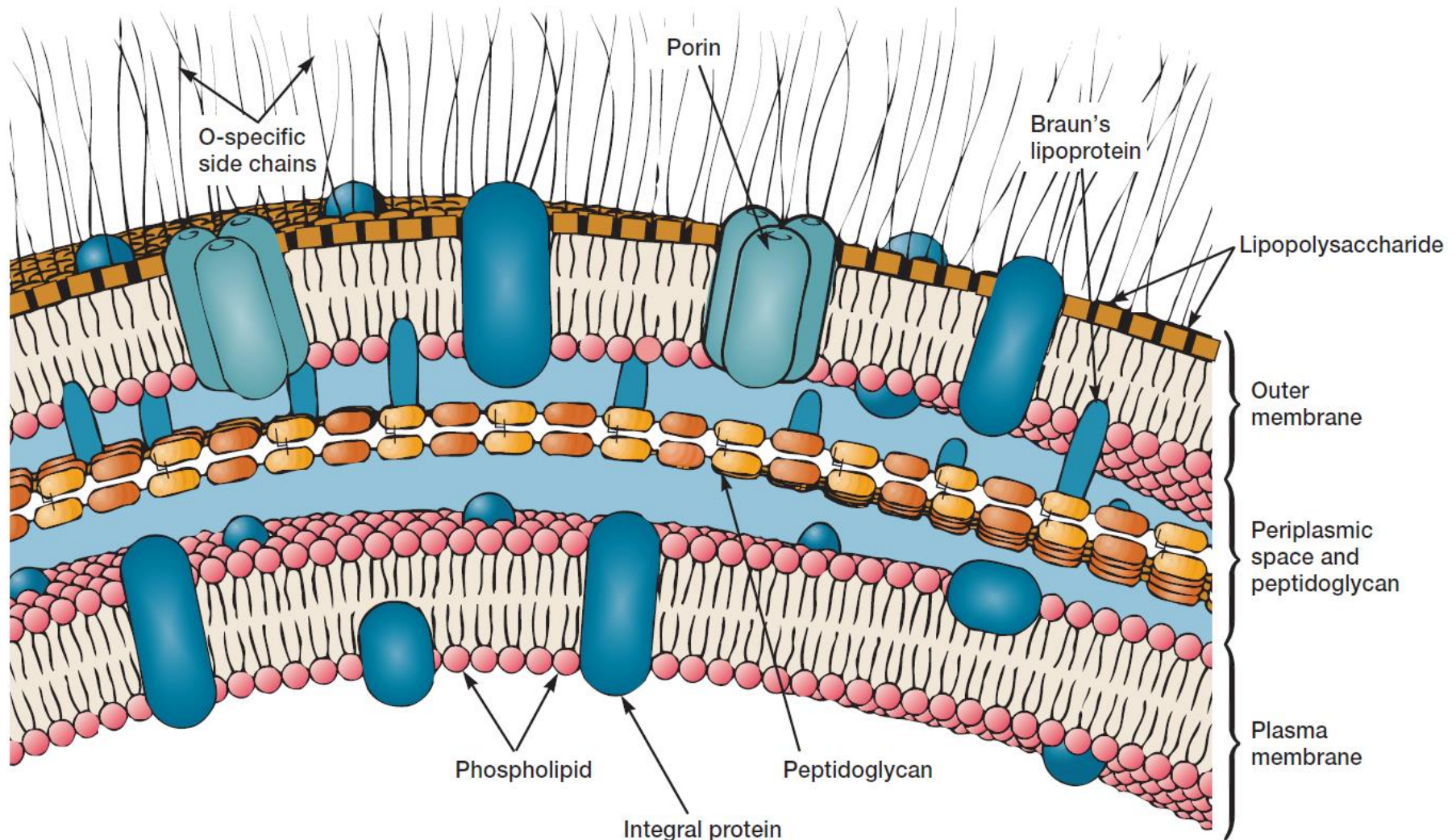


Figure 3.23 The Gram-Negative Envelope.

ساختار غشاء و دیواره باکتری‌ها

□ آزمایش گرام (Gram Test)

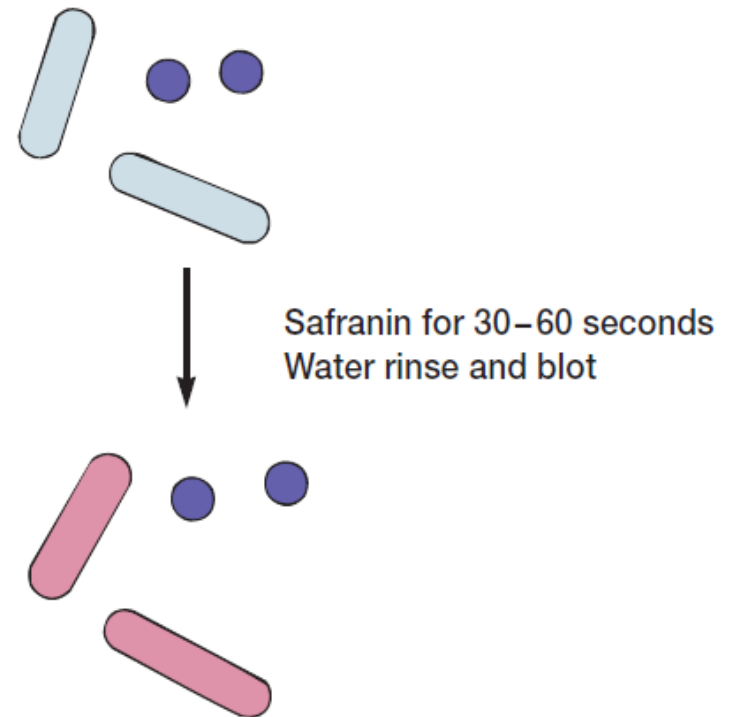
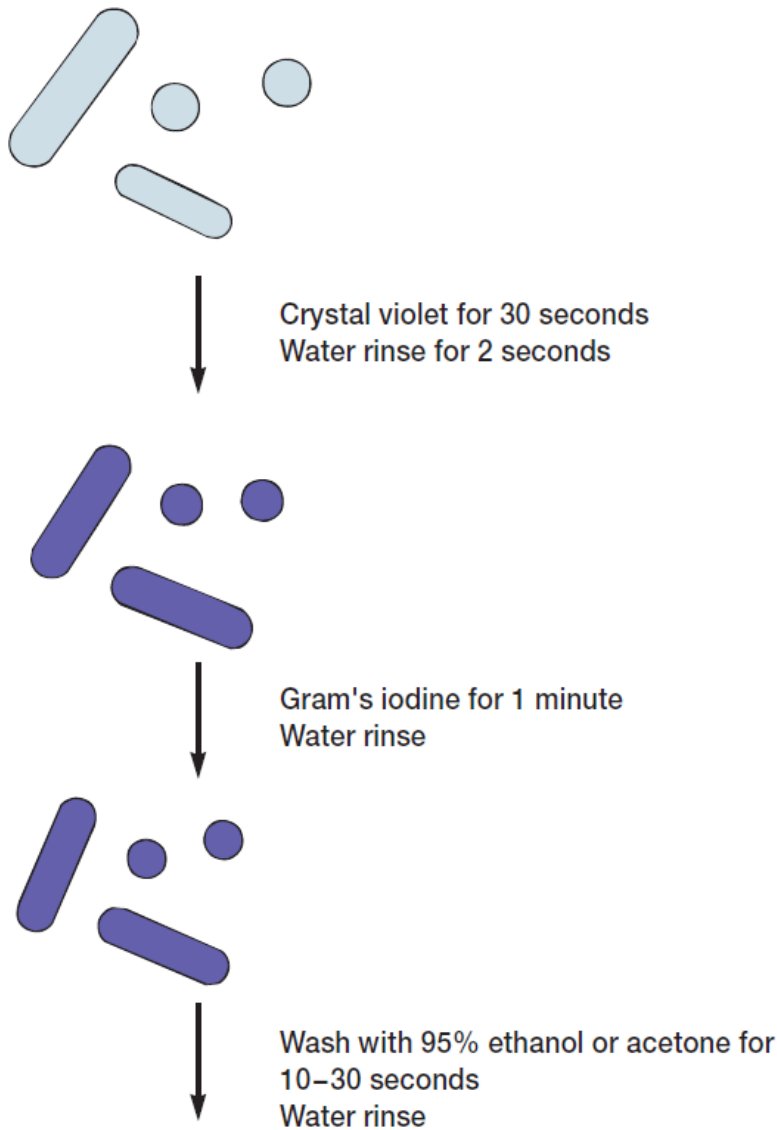
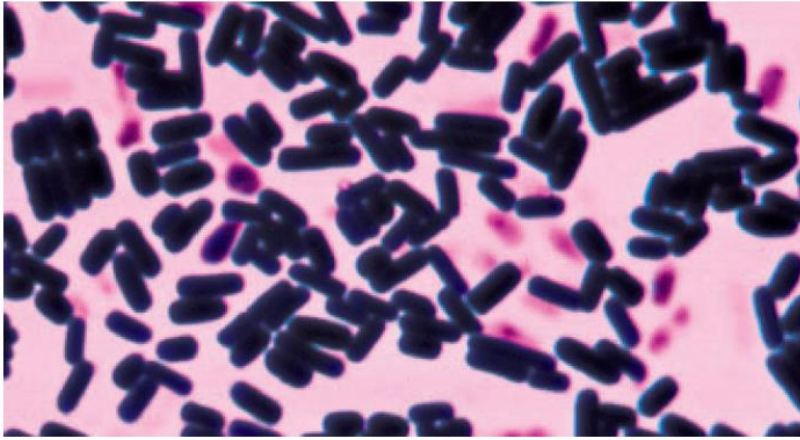
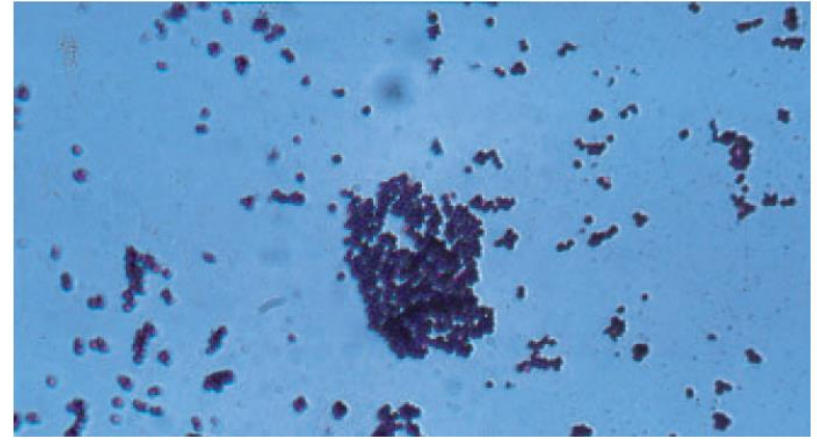


Figure 2.14 The Gram-Staining Procedure. Note that decolorization with ethanol or acetone removes crystal violet from gram-negative cells but not from gram-positive cells. The gram-negative cells then turn pink to red when counterstained with safranin.

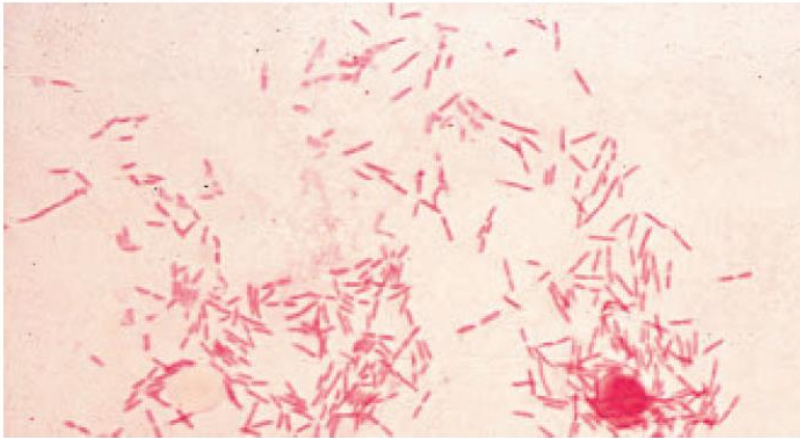
ساختار غشاء و دیواره باکتری‌ها



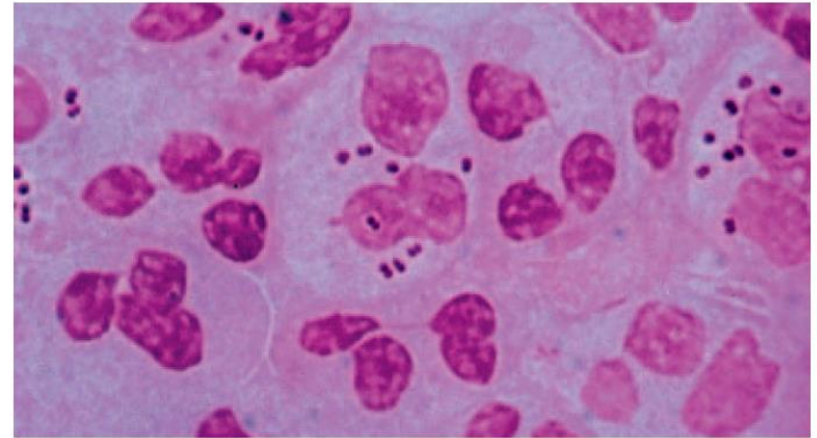
(a)



(b)



(c)



(d)



نمونه‌هایی از رنگ‌آمیزی گرم (الف) *Clostridium perfringens* گرم مثبت ($\times 800$). برخی از میله‌ها به جای ارغوانی رنگ صورتی دارند، همان‌طور که اغلب با پیر شدن سلول‌های گرم مثبت اتفاق می‌افتد. (ب) *Staphylococcus aureus*. رنگ‌آمیزی گرم، میکروسکوپ میدان روشن ($\times 1000$). کوکسی‌های گرم مثبت در خوشه‌های انگور مانند همراه هستند. (ج) *Escherichia coli*. رنگ‌آمیزی گرم ($\times 500$). (د) *Neisseria gonorrhoeae*. دیپلوکوکسی‌ها اغلب در داخل گلبول‌های سفید ($\times 1000$) قرار دارند.

تأمین نمک

(شرایط شبیه دریا)

Halophiles

(شرایط اشباع از نمک)

Extreme Halophiles

□ باکتری‌ها از نظر نیاز به نمک



یوکاریوت‌ها (Eukarya)

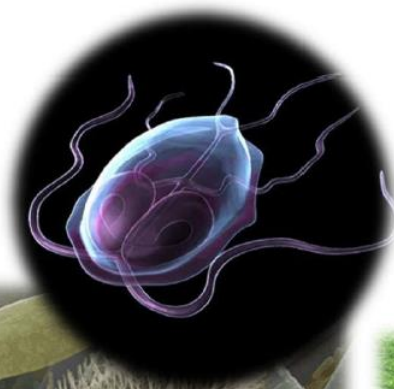
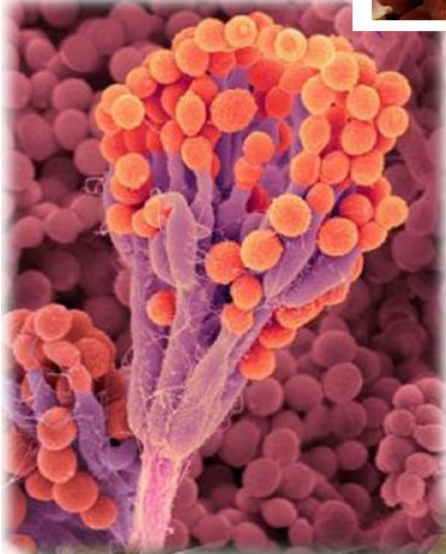


یوکاریوت‌های موردنظر بیوتکنولوژی عبارتند از:

✓ قارچ‌ها (Fungi)

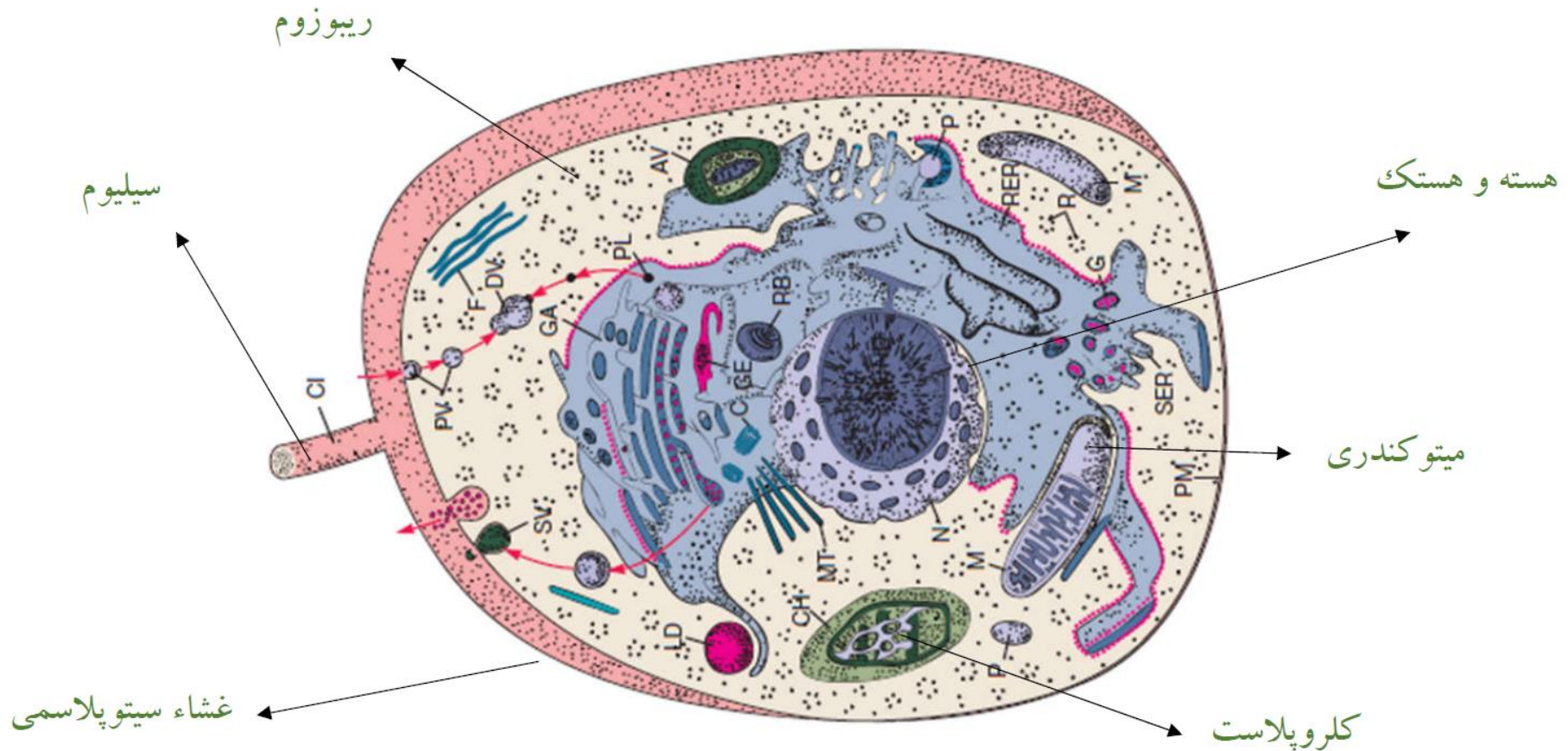
✓ جلبک‌ها (Algae)

✓ تک‌یاختگان (Protozoa)



یوکاریوت‌ها (Eukarya)

□ ساختار یوکاریوت‌ها



یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

□ قارچ‌ها (Fungi)

✓ قارچ‌ها لیتوتروف و هتروتروف هستند.

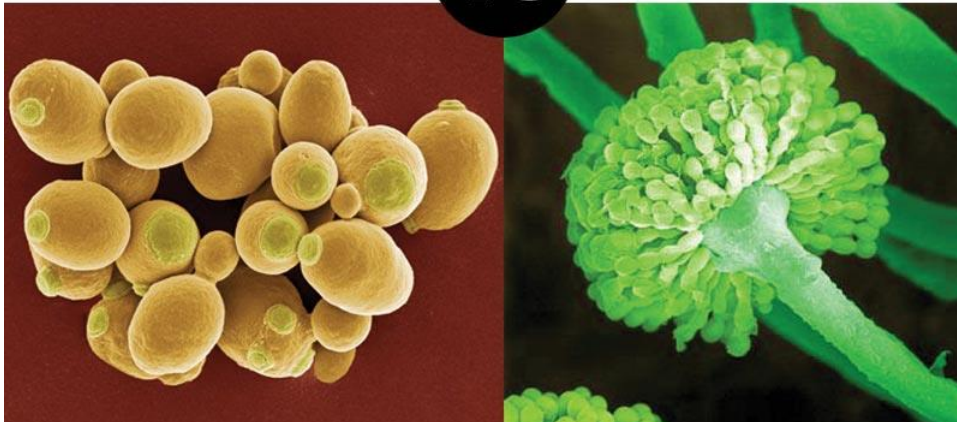
✓ قارچ‌ها دارای آنزیم پروکسیداز هستند که باکتری‌ها ندارند.

مخمر (Yeast): تک‌سلولی است و با جوانه‌زنی تکثیر می‌شود.

کپک (Mold): کپک است و با اسپور تکثیر می‌شود.

□ انواع قارچ‌ها:

Yeasts **VS** Molds



Spore: بذر، هاگ، تخم میکروب، تخم قارچ

آنزیم‌های پراکسیداز (peroxidase enzymes)



- ❑ Peroxidases are the second largest class of enzymes applied in biotechnological processes.
- ❑ These enzymes are used to catalyze various oxidative reactions using hydrogen peroxide and other **substrates** as electron donors.
- ❑ پراکسیدازها دومین دسته از آنزیم‌های مورد استفاده در فرآیندهای بیوتکنولوژیکی هستند.
- ❑ این آنزیم‌ها برای کاتالیز واکنش‌های اکسیداتیو مختلف با استفاده از پراکسید هیدروژن و سایر **پیش‌ماده‌ها** به عنوان دهنده الکترون استفاده می‌شوند.

[زیست شناسی] **پیش ماده**
ترکیباتی که آنزیم روی آن‌ها عمل می‌کند، **پیش ماده (substrate)** و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فرآورده (product)** خوانده می‌شوند.

Lithotrophs

□ **Lithotrophs** are a diverse group of organisms using an inorganic substrate (usually of mineral origin) to obtain **reducing equivalents** for use in biosynthesis (e.g., carbon dioxide fixation) or energy conservation (i.e., ATP production) **via aerobic or anaerobic respiration**.

□ **لیتوتروفها (کانی پروردها)** گروه متنوعی از موجودات هستند که از یک پیش ماده غیرآلی (معمولاً منشأ معدنی) برای به دست آوردن **معادل های کاهش دهنده** برای استفاده در بیوسنتز (به عنوان مثال، تثبیت دی اکسید کربن) یا حفظ انرژی (یعنی تولید ATP) **از طریق تنفس هوازی یا بی هوازی** استفاده می کنند.

Adenosine triphosphate (ATP)

Heterotroph

- ❑ A **heterotroph** is an organism that eats other plants or animals for energy and nutrients.
- ❑ The term stems from the Greek words hetero for “other” and trophe for “nourishment.”
- ❑ Organisms are characterized into two broad categories based upon how they obtain their energy and nutrients: autotrophs and heterotrophs.

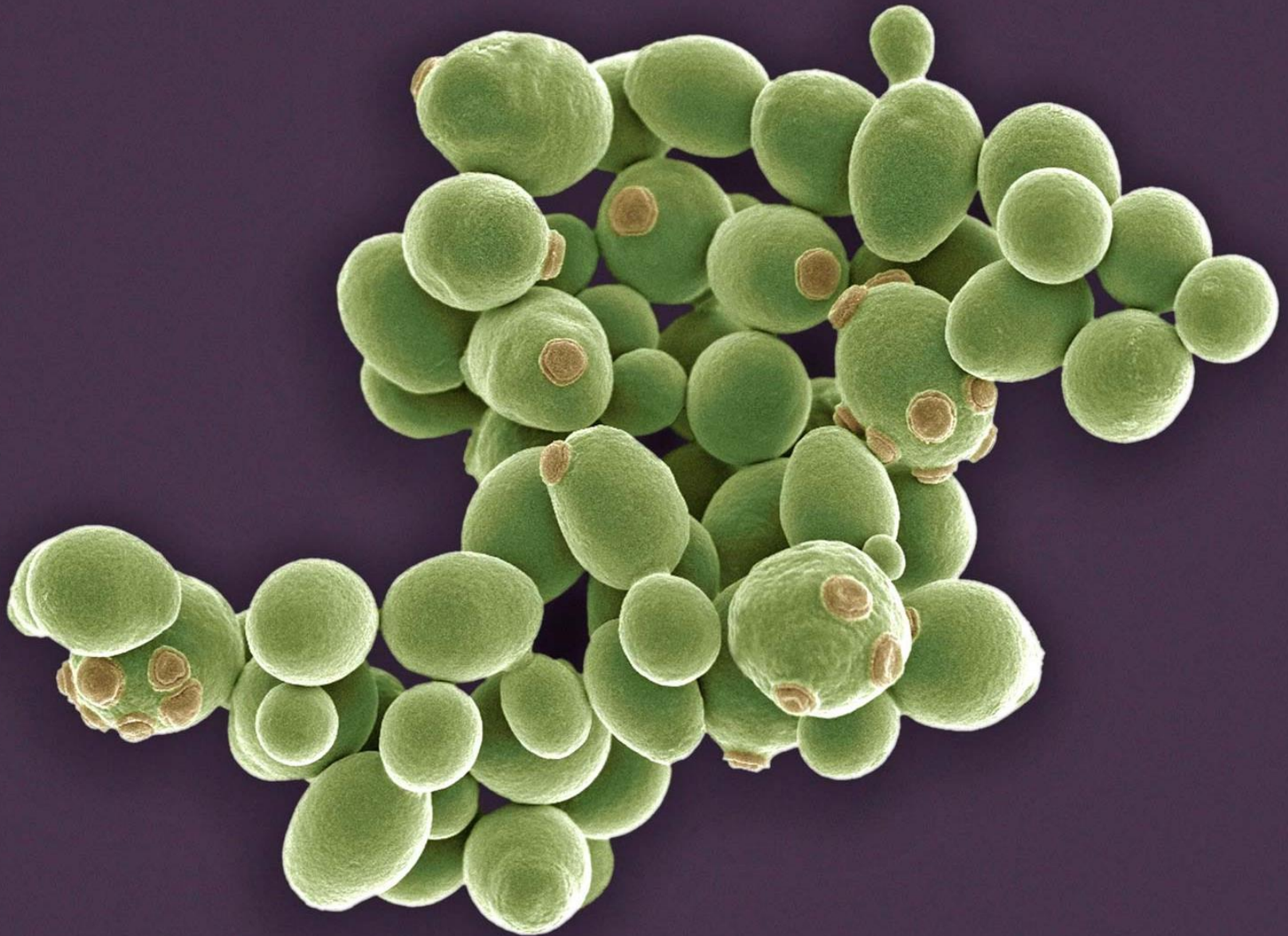
❑ ناخودپرورد، دگرپرورد: اندامگانی که برای تأمین انرژی و رفع نیازهای غذایی خود از مواد آلی ساخته شده سایر موجودات زنده استفاده می کنند.

❑ **هتروتروف** موجودی است که گیاهان یا حیوانات دیگر را برای انرژی و مواد مغذی می خورد.

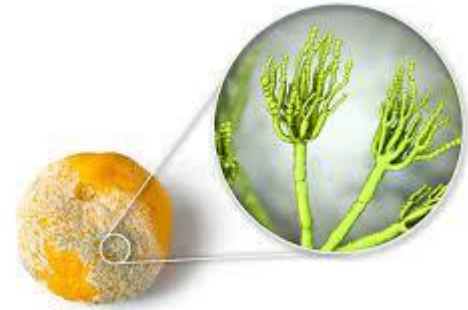
❑ این اصطلاح از کلمات یونانی hetero به معنای «دیگر» و تروف به معنای «تغذیه» گرفته شده است.

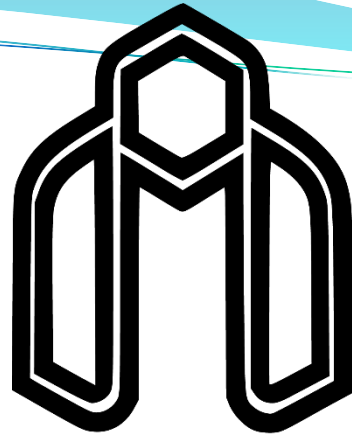
❑ موجودات زنده بر اساس نحوه به دست آوردن انرژی و مواد مغذی خود به دو دسته کلی تقسیم می شوند: اتوتروف ها و هتروتروف ها.

Yeast Fungi



Mold fungi





دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه چهارم

اصول میکروبیولوژی-۱

یوکاریوت ها (Eukaryotes)

FUNGUS FAMILY

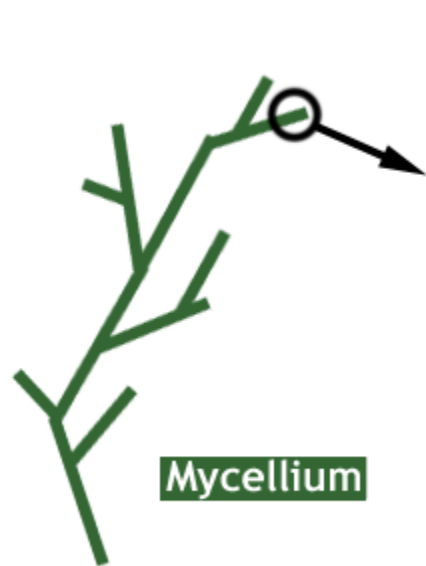
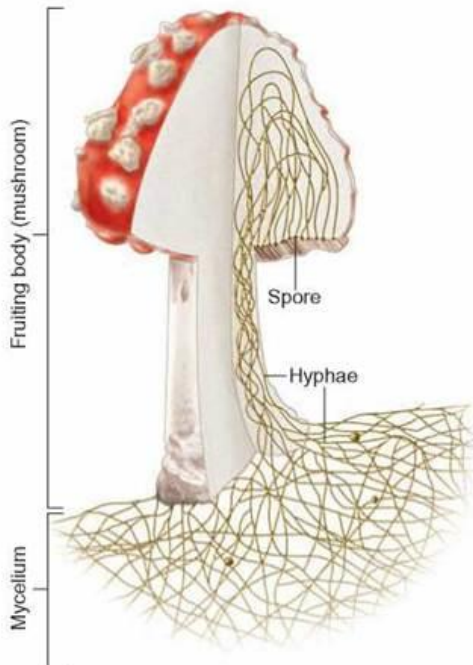
Yeast

Mold

Bud

Hypha

ADAM



Hypha

Vacuole

Septum

Nucleus

دیواره عرضی

□ هر رشته قارچ (Mycelium) از چندین

فیلامنت (Filament) ساخته شده است.

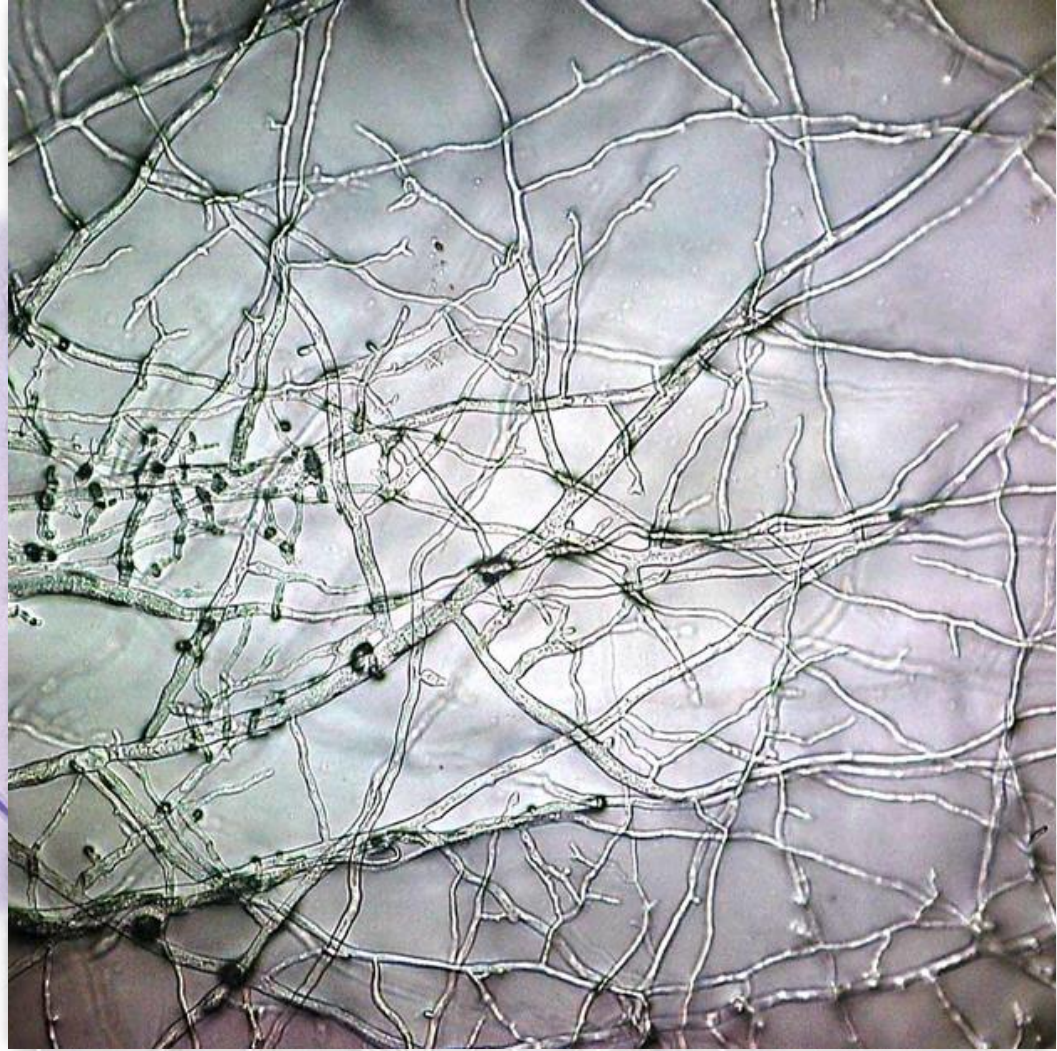
□ شاخه‌های منشعب از میسل را هیف

(Hyphae) می‌گویند.

ریشه قارچ

یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

mycelium network



یوکاریوت ها (Eukaryotes)

NADH stands for "nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) + hydrogen (H).

NAD⁺ stands for nicotinamide adenine dinucleotide.

Adenosine diphosphate (ADP)

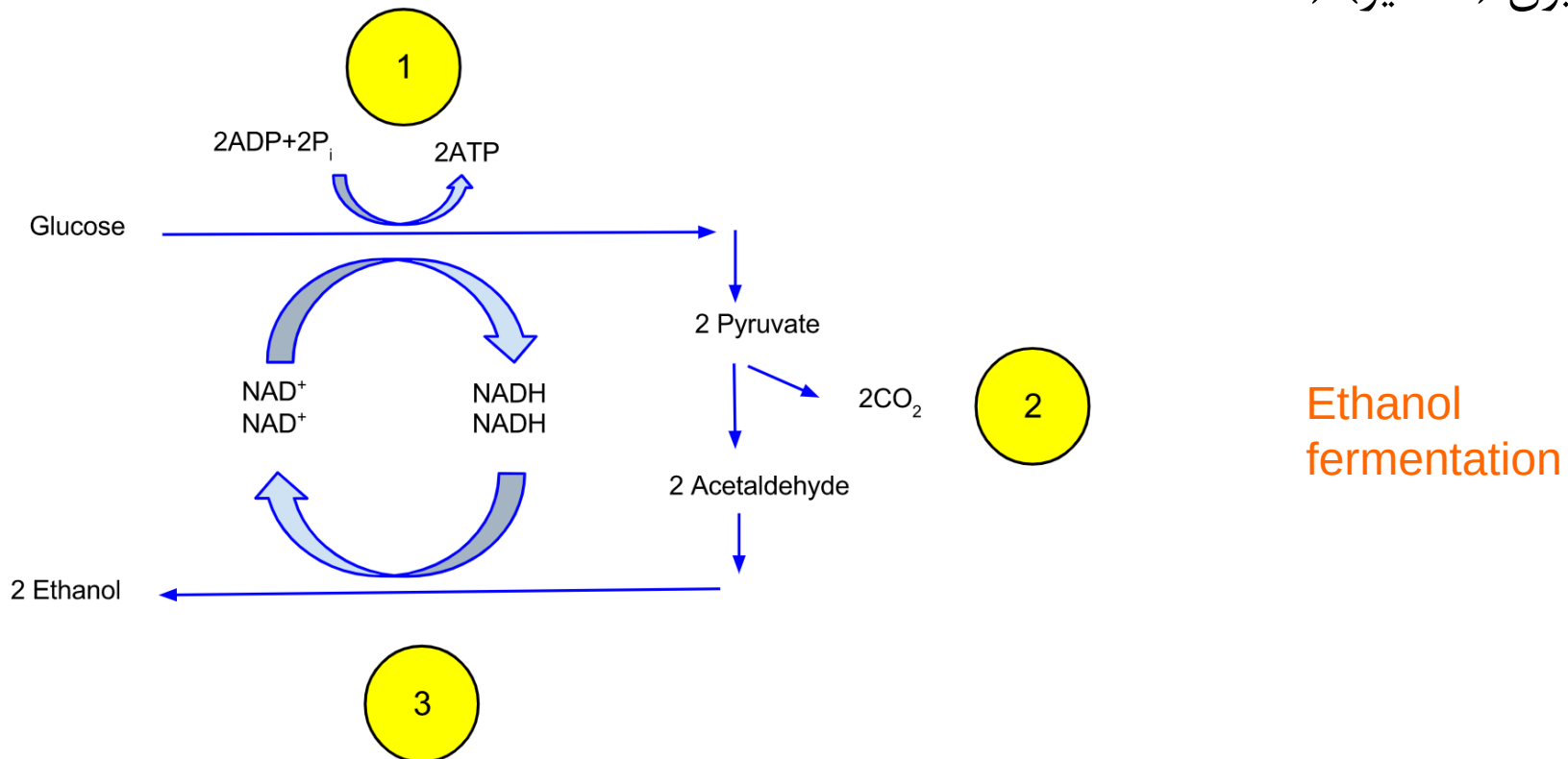
Adenosine triphosphate (ATP)

□ مواد و شرایط مورد نیاز رشد:

✓ آمونیم، نیترات و اکسیژن

✓ مخمرها در صورت عدم تأمین اکسیژن، قند را به الکل تبدیل می کنند.

فرمنتاسیون (تخمیر) (Fermentation)



Ethanol fermentation

- ❑ (1) A glucose molecule is broken down via **glycolysis**, yielding two pyruvate molecules.
- ❑ The energy released by this exothermic reactions is used to **phosphorylate** two ADP molecules, yielding two ATP molecules, and to reduce two molecules of NAD^+ to NADH.
- ❑ (2) The two pyruvate molecules are broken down, yielding two acetaldehyde molecule and giving off two molecules of carbon dioxide.
- ❑ (3) The two molecules of NADH reduce the two acetaldehyde molecules to two molecules of ethanol; this converts NAD^+ back into NADH.

تخمیر اتانول

□ (۱) یک مولکول گلوکز از طریق **گلیکولیز** تجزیه می‌شود و دو مولکول پیرووات تولید می‌کند.

□ انرژی آزادشده توسط این واکنش‌های گرمازا برای **فسفریله کردن** دو مولکول ADP، تولید دو مولکول ATP و برای کاهش دو مولکول NAD^+ به NADH استفاده می‌شود.

□ (۲) دو مولکول پیرووات شکسته می‌شوند و دو مولکول استالدهید تولید می‌کنند و دو مولکول دی‌اکسیدکربن تولید می‌کنند.

□ (۳) دو مولکول NADH دو مولکول استالدهید را به دو مولکول اتانول کاهش می‌دهند. این NAD^+ را دوباره به NADH تبدیل می‌کند.

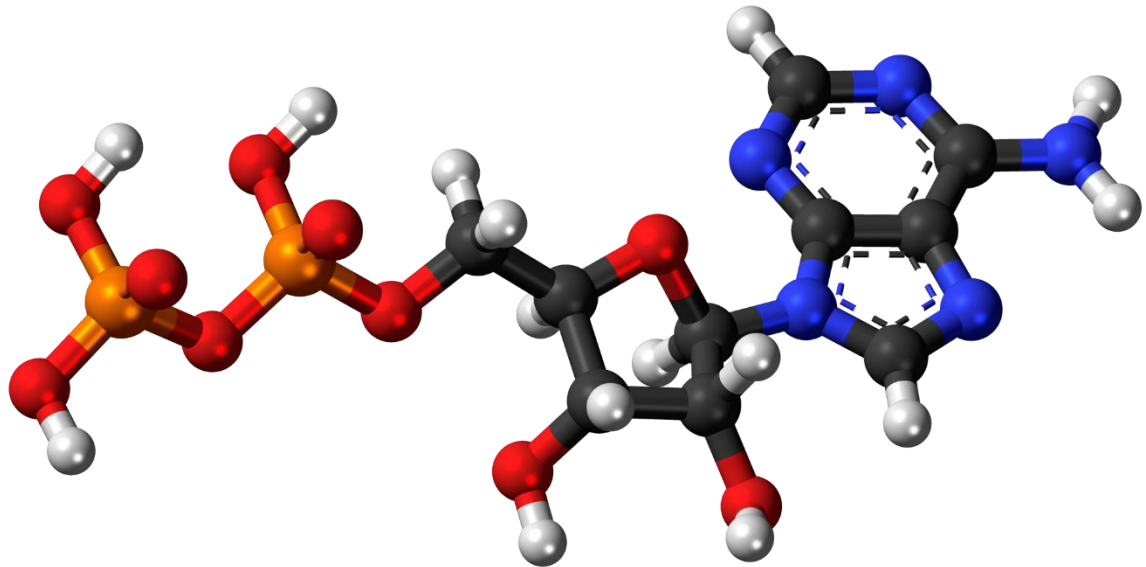
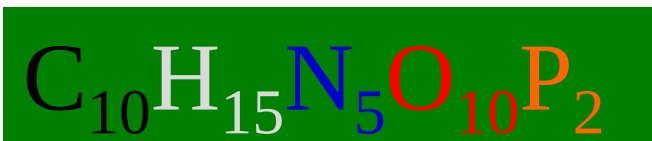
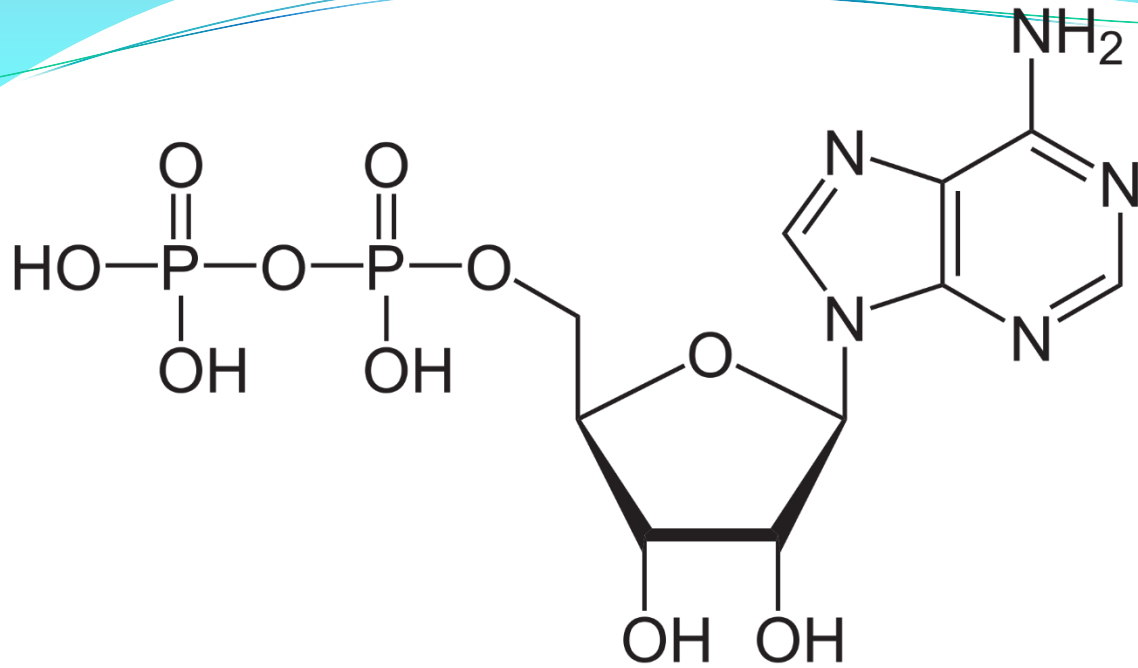
Adenosine diphosphate (ADP)

Adenosine triphosphate (ATP)

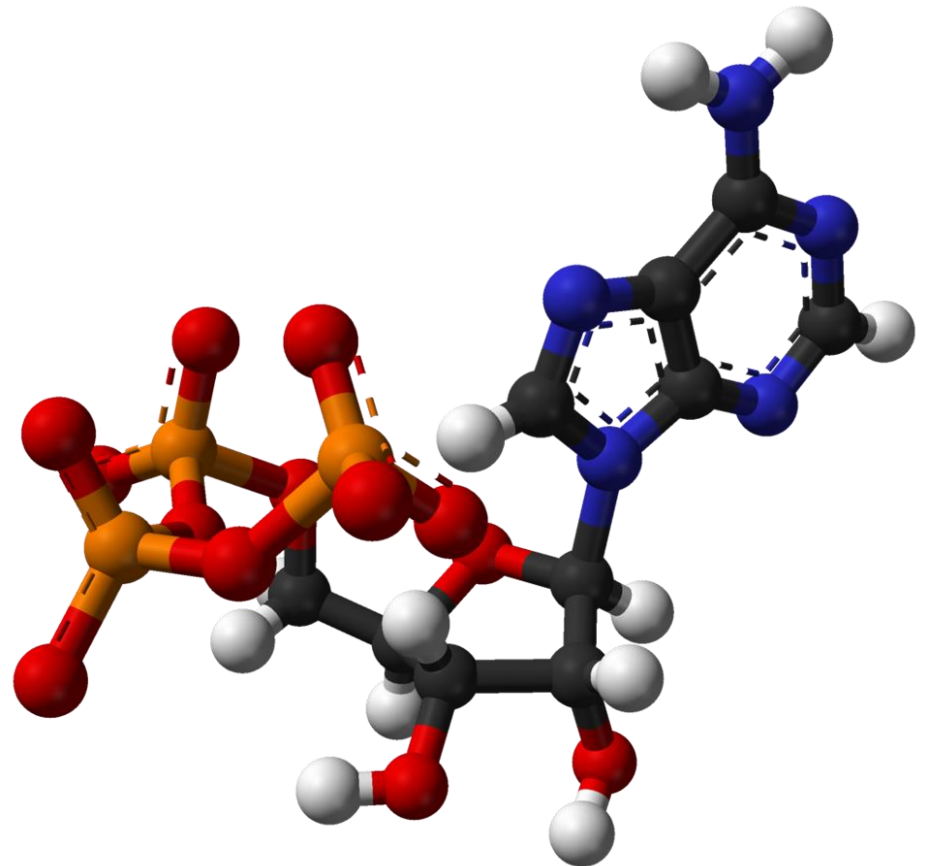
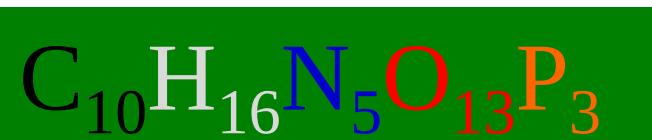
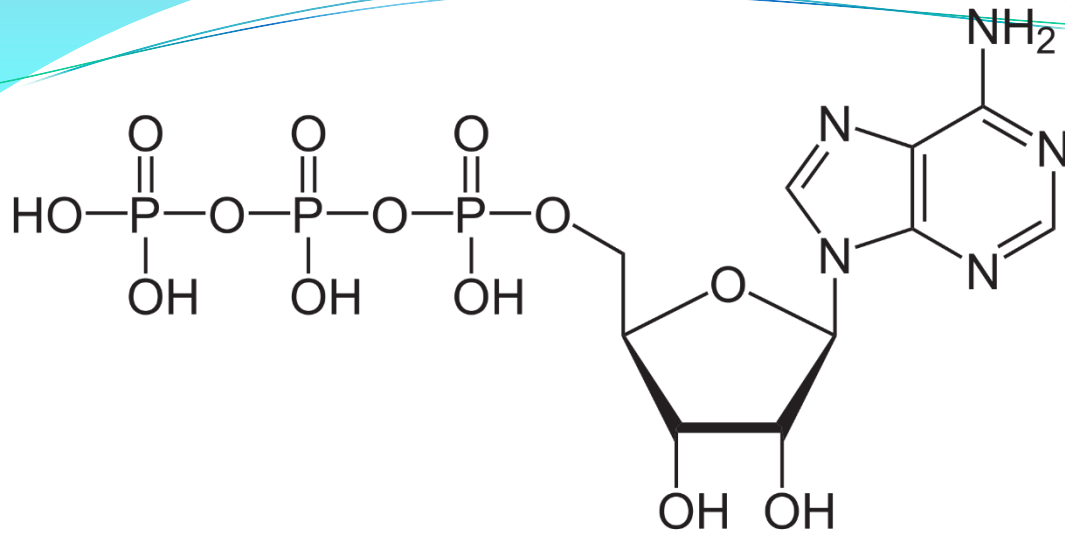
NAD⁺ stands for **nicotinamide adenine dinucleotide**.

NADH stands for "**nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) + hydrogen (H)**".

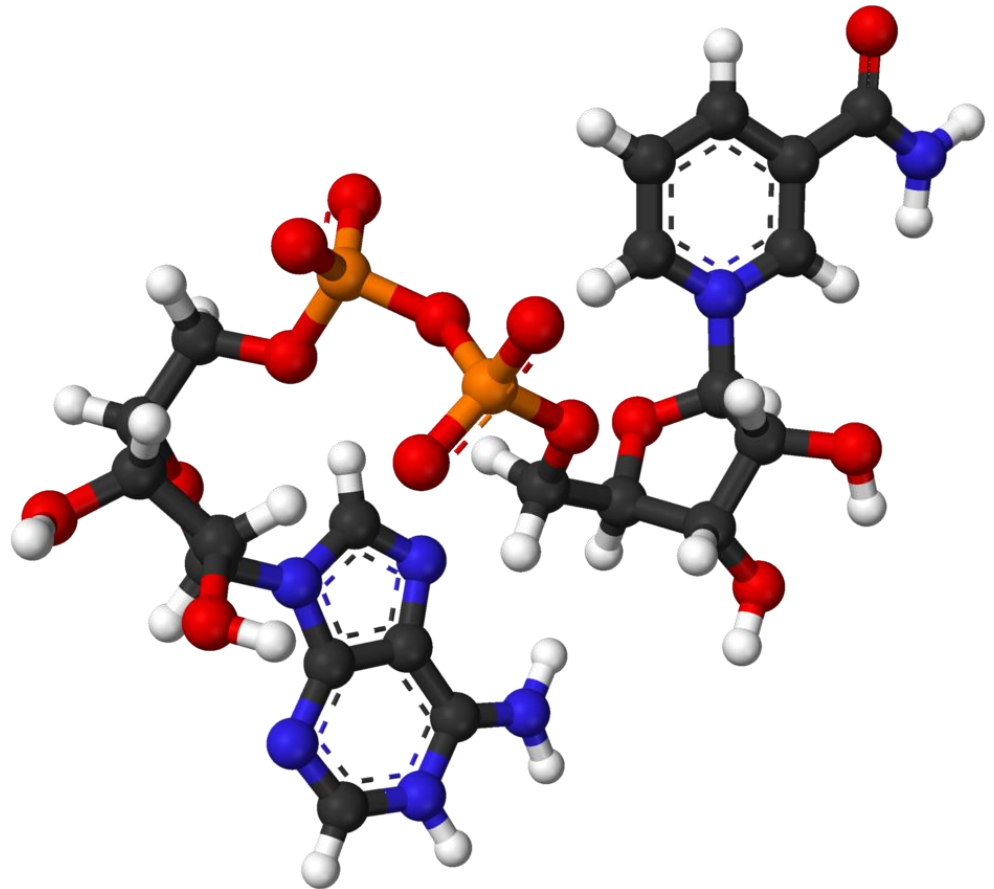
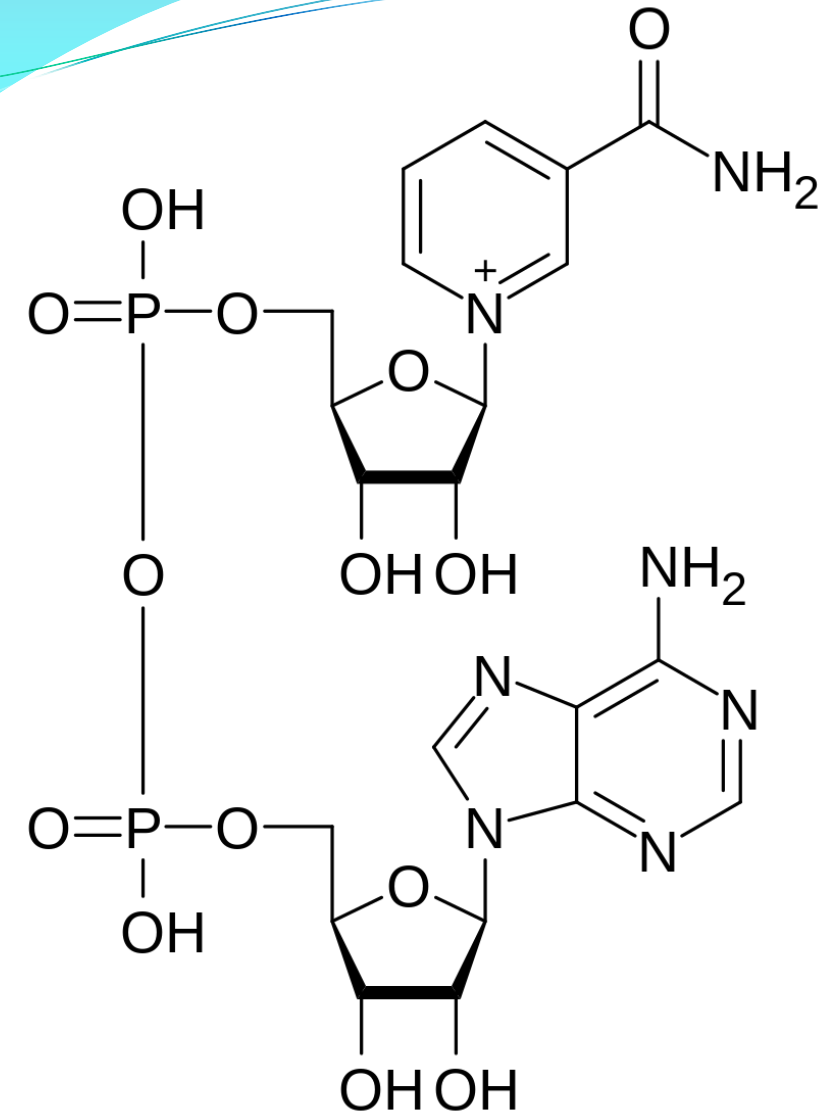
Adenosine diphosphate (ADP)



Adenosine triphosphate (ATP)



Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)



یوکاریوت‌ها (Eukaryotes) - قارچ‌ها (Fungi)

❑ مواد و شرایط مورد نیاز رشد (ادامه):



- ✓ امکان رشد در شرایط خشک
- ✓ دمای رشد: ۲۲ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد
- ✓ رشد کندتر نسبت به باکتری
- ✓ pH بهینه: ۵/۵ و بازه وسیع‌تر نسبت به باکتری
- ✓ تحمل بیشتر شرایط بد محیطی نسبت به باکتری
- ✓ قارچ‌ها محیط خشک را ترجیح می‌دهند اما باکتری‌ها محیط آبی را.

یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

□ جلبک‌ها (Algae)

/ˈældʒiː, ˈælgɪː/

- ✓ دارای کلروفیل بوده و فتوسنتز انجام می‌دهند.
- ✓ ممکن است تک‌سلولی یا چندسلولی باشند.
- ✓ اشکال متنوع دارند و شکل تیپیک ندارند.
- ✓ شدیداً Phototroph و اکثراً Autotroph هستند.
- ✓ pH مناسب رشد آن‌ها از خنثی تا قلیایی است.
- ✓ در دمای صفر تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند.
- ✓ برای تصفیه فاضلاب و تهیه سوخت آلی به کار می‌روند.
- ✓ رشد بی‌رویه در واحدهای تأمین آب و تغییر کیفیت آب
- ✓ ایجاد گل‌سنگ (Lichen)

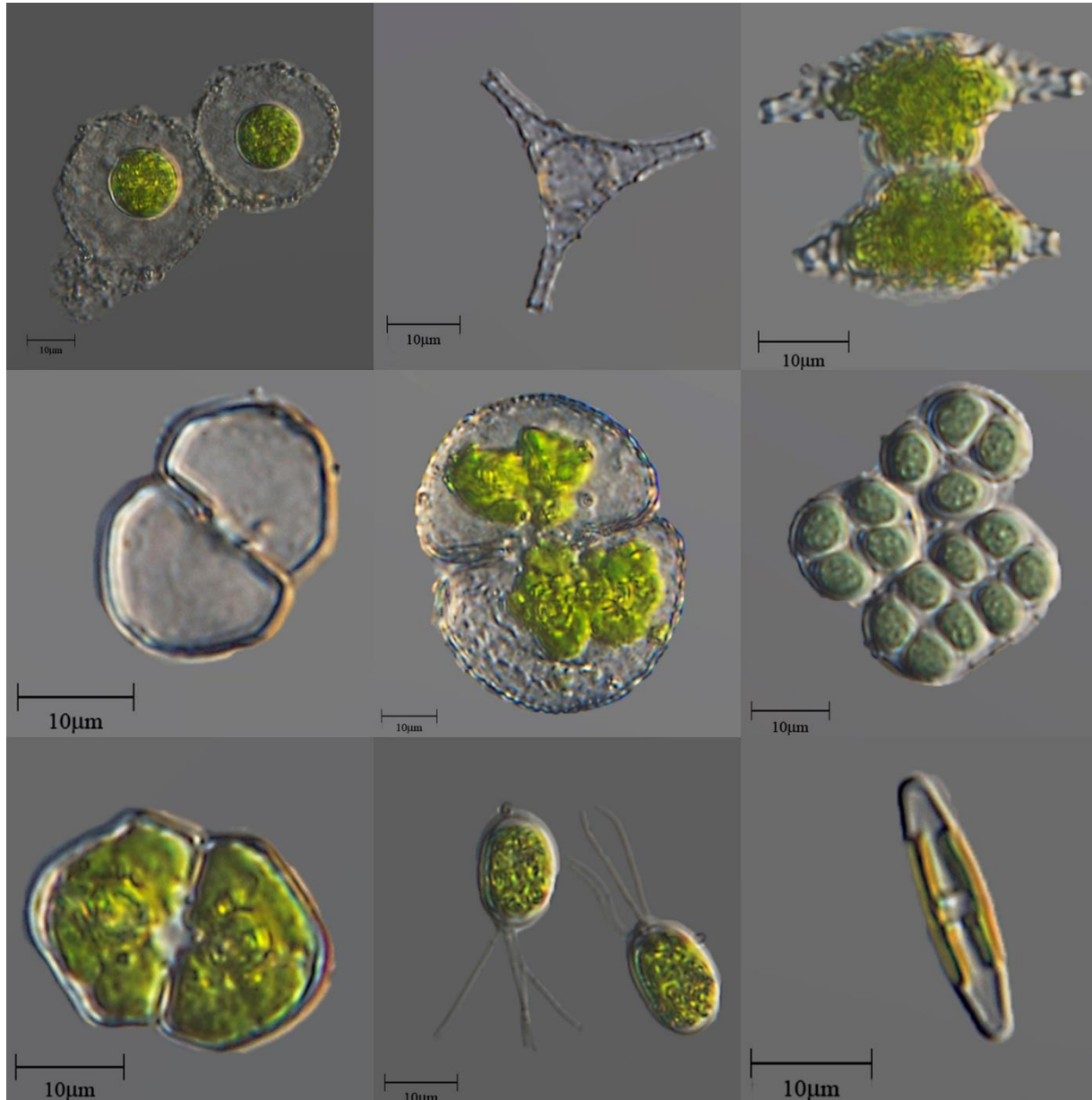


جلبک‌ها (Algae)



Freshwater algae

- A variety of microscopic unicellular and colonial freshwater algae



Lichen

(/'laɪkən/ LY-kən, also UK: /'lɪtʃən/ LICH-ən)

- ❑ Lichens are bizarre organisms and no two are alike.
- ❑ Lichens are a complex life form that is a **symbiotic partnership of two separate organisms, a fungus and an alga.**
- ❑ The dominant partner is the fungus, which gives the lichen the majority of its characteristics, from its **thallus shape** to its fruiting bodies.

❑ گلسنگ‌ها موجودات عجیب و غریبی هستند و هیچ دوتایی شبیه هم نیستند.

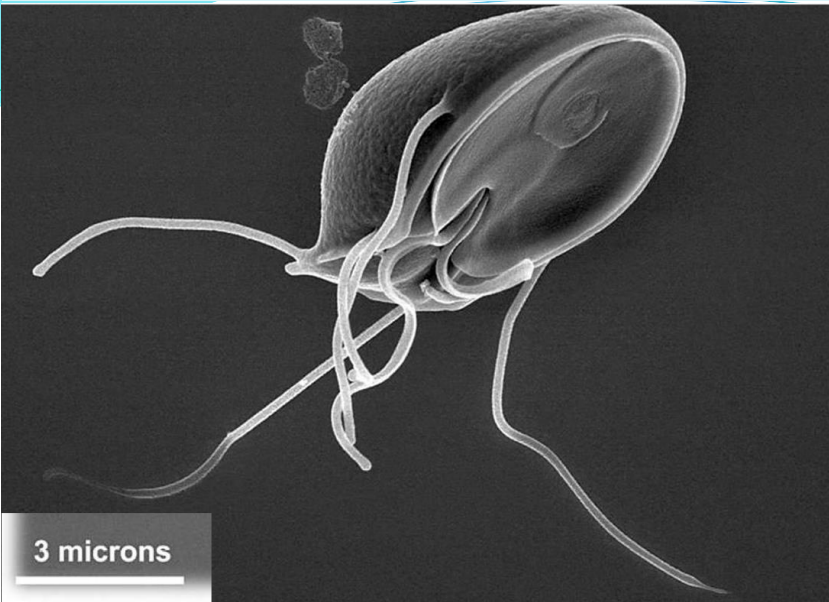
❑ گلسنگ‌ها شکل پیچیده‌ای از زندگی هستند که **مشارکت همزیستی** دو ارگانیسم مجزا، یک قارچ و یک جلبک است.

❑ شریک غالب قارچ است که اکثر خصوصیات گلسنگ را از **شکل ریشه** گرفته تا بدن‌های بارده (هاگدان، تخمدان) آن می‌دهد.

گلسنگ (Lichen)



یوکاریوت ها (Eukaryotes)



□ تک یاختگان (Protozoa)

- ✓ میکروارگانیسم های تک سلولی هتروتروف هستند.
- ✓ غذای خود را یافته و قورت می دهند.
- ✓ اندازه آنها از حد باکتری تا موجودات قابل مشاهده است.
- ✓ به صورت مستقل یا انگلی زندگی می کنند.
- ✓ pH مناسب رشد آنها بین ۶ تا ۸ است.
- ✓ دمای بهینه رشد آنها بین ۱۵ تا ۲۵ درجه و حداکثر ۳۵ تا ۴۰ درجه است.



شناسایی میکروب‌ها

☐ روش‌های ریخت‌شناسی (Phenotypic methods):

- ✓ شناسایی از راه شکل ظاهری میکروب
- ✓ با استفاده از محیط‌کشت‌های انتخابی
- ✓ شناسایی ترکیب تولیدات زیستی میکروب

☐ روش‌های ایمنی‌شناسی (Immunological methods):

- ✓ با مطالعه برهم‌کنش آنتی‌بادی‌های معین و آنتی‌ژن‌ها (بر دیواره باکتری)

☐ روش‌های ژنوتیپی (Genotypic methods):

- ✓ روش‌های بر پایه Polymerase Chain Reaction (PCR)

- ✓ مانند SSCP, RFLP, FISH

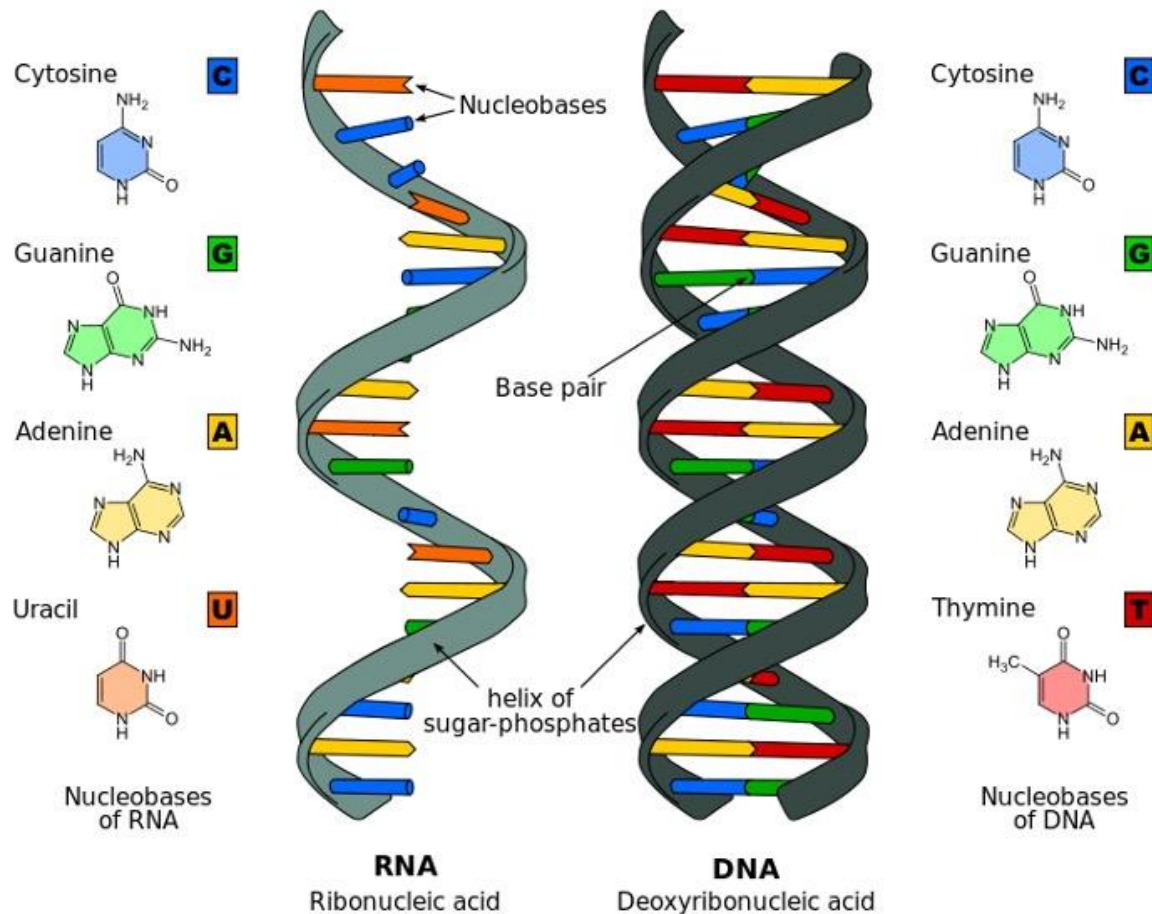
واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

❑ عملکرد PCR مانند یک

دستگاه فتوکپی است که بوسیله آن می‌توان بخش‌هایی از DNA هر موجود را به مقدار بسیار کم برداشت و به تعداد دلخواه و مشابه نسخه اصلی تکثیر نمود.

❑ DNA یک اسید نوکلئیک

است که از دو زنجیره نوکلئوتیدی تشکیل شده که مکمل هم می‌باشند.



CCGAATGGGATGC
GGCTTACCCTACG

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

□ این تکنیک، توسط کری مولیس در سال ۱۹۸۳ ابداع شد. او ده سال بعد، جایزه

نوبل شیمی را دریافت نمود.

□ مواد مورد نیاز:

✓ کلرید منیزیم ($MgCl_2$)

✓ بافر pH 8.3-8.8

✓ محلول حاوی چهار نوکلئوتید A, T, G, C

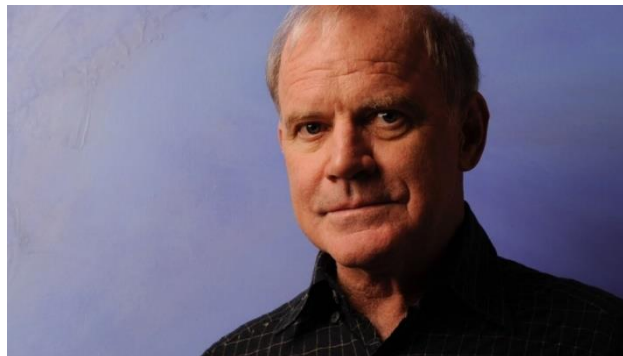
✓ پرایمر

✓ آنزیم DNA پلیمراز



Kary Banks Mullis

- ❑ Kary Banks Mullis (December 28, 1944 – August 7, 2019) was an American biochemist.
- ❑ In recognition of his role in the invention of the polymerase chain reaction (PCR) technique, he shared the 1993 Nobel Prize in Chemistry with Michael Smith and was awarded the Japan Prize in the same year.
- ❑ PCR became a central technique in biochemistry and molecular biology, described by The New York Times as "**highly original and significant, virtually dividing biology into the two epochs of before PCR and after PCR.**"
- ❑ Mullis attracted controversy for downplaying humans' role in climate change and for expressing doubts that HIV is the sole cause of AIDS.



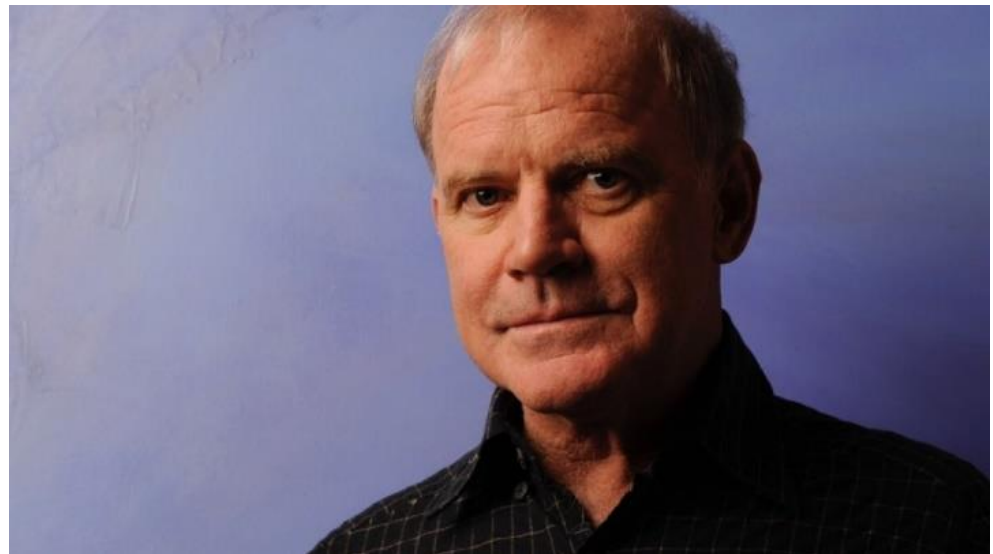
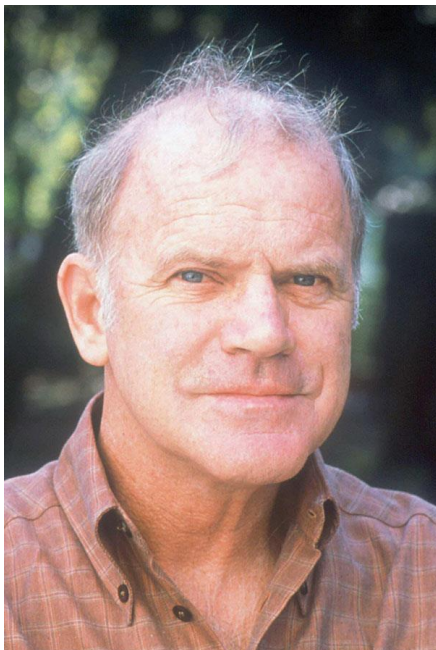
کاری بنکس مولیس

❑ کاری بنکس مولیس (زاده ۲۸ دسامبر ۱۹۴۴ - درگذشته ۷ اوت ۲۰۱۹) یک بیوشیمی دان آمریکایی بود.

❑ به پاس نقش خود در اختراع تکنیک واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR)، او جایزه نوبل شیمی ۱۹۹۳ را با مایکل اسمیت به اشتراک گذاشت و در همان سال جایزه ژاپن را دریافت کرد.

❑ PCR به یک تکنیک اصلی در بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی تبدیل شد که توسط نیویورک تایمز به عنوان «**بسیار اصیل و مهم، به‌طور مجازی زیست‌شناسی را به دو دوره قبل و بعد از PCR تقسیم کرد**».

❑ مولیس به دلیل کم اهمیت جلوه دادن نقش انسان در تغییرات اقلیمی و ابراز تردید مبنی بر اینکه اچ آی وی تنها عامل ایدز است، بحث‌برانگیز شد.



مفاهیم ساده‌ای که باید درباره ژنتیک، ژن و دی‌ان‌ای (DNA) بدانیم

□ همه ما ژن‌های یکسانی داریم.

□ هر شخص حدوداً ۲۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ ژن دارد.

□ DNA از ژن‌ها ساخته شده است.

□ تفاوت‌های بین انسان‌ها به دلیل تفاوت‌های بسیار کم موجود در این ژن‌ها ایجاد

می‌شود.

مفاهیم ساده‌ای که باید درباره ژنتیک، ژن و دی‌ان‌ای (DNA) بدانیم

DNA

□ بدن ما شامل ۵۰ تریلیون (10^{12}) (هزار میلیارد) سلول کوچک است.

□ هر کدام از آن‌ها شامل برنامه‌هایی است که ماهیت ما را تشکیل می‌دهد.

□ این برنامه‌ها به صورت کد روی DNA ما وجود دارند.

□ DNA حالت یک نردبان بلند با شکل پیچ‌خورده است.

□ هر پله شامل یک جفت واحد به هم پیوسته است و توسط چهار حرف روی

DNA مشخص می‌شود.

□ این چهار حرف **G**, **C**, **T**, **A** هستند که همیشه کنار **A** کنار **T** و **C** کنار **G** می‌آیند.

□ ساختار DNA از کروموزوم و ژن تشکیل شده است.

مفاهیم ساده‌ای که باید درباره ژنتیک، ژن و دی‌ان‌ای (DNA) بدانیم

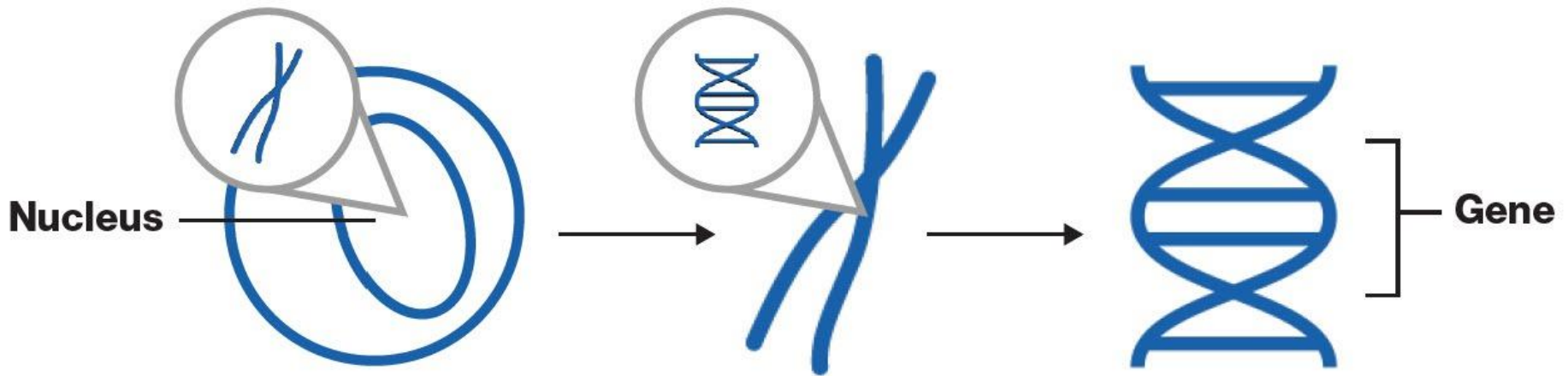
کروموزوم (Chromosome)

- DNA به شکل کروموزوم منظم می‌شود. به عبارتی دیگر مولکول **طویل DNA** در سلول‌های ما به صورتی منظم قرار گرفته که **کروموزوم** نام دارد.
- انسان‌ها شامل ۲۳ جفت کروموزوم هستند.

ژن (Gene)

- ژن‌ها، بخش‌های مختلف DNA هستند.
- اگر DNA را کتاب آشپزی نظر بگیرید، در این صورت ژن‌ها دستور غذاهای داخل این کتاب هستند که چهار حرف **A, T, C, G** به صورت رمزهایی نوشته شده که سلول‌ها با خواندن آن‌ها به نوع عملکرد خودشان پی می‌برند.

Gene, DNA, and Chromosome



Cell

The nucleus controls the processes of the cell

Chromosome

Chromosomes are thread-like structures made up of DNA tightly coiled many times around proteins called histones

DNA

Every person has around 20,000 genes and two copies of each of their genes—one from each parent. Small variations in genes result in differences in people's appearance and, potentially, health.

PCR چیست؟

- ❑ PCR در زیست‌شناسی مولکولی به منظور ساخت میلیون‌ها کپی از قطعه DNA موردنظر، به کار می‌رود.
- ❑ PCR امکان تولید میلیون‌ها نسخه از یک قطعه مشخص موجود در مقادیر اندک DNA را فراهم می‌کند.
- ❑ مدت زمان کوتاهی پس از اختراع PCR توسط مولیس، این تکنیک انقلابی را در بیولوژی مولکولی پدید آورد و باعث افزایشی ناگهانی در سرعت پیشرفت مطالعات ژنومی شد.
- ❑ امروزه با استفاده از PCR قادر به استخراج هر ژنی از هر ارگانیسمی هستیم.
- ❑ سرعت، حساسیت بسیار بالا و پایداری (robustness) تکنیک PCR، آن را به تکنیکی معمول در تحقیقات آزمایشگاهی پزشکی و زیست‌شناسی که به این سه مشخصه نیاز دارند، تبدیل کرده است.

PCR چیست؟

- ❑ عدم نیاز به باکتری‌ها برای تکثیر، PCR را به روشی سریع و آسان تبدیل کرده‌است؛ بویژه اگر توالی کامل ژنوم ارگانیسم مشخص باشد.
- ❑ این روش تکنیکی معمول در تحقیقات آزمایشگاهی پزشکی و زیست‌شناسی است و از آن در پردازش DNA برای توالی‌یابی، تعیین وجود یا عدم وجود یک ژن خاص به منظور تشخیص عامل عفونت و تهیه پروفایل DNA در تحقیقات جنایی استفاده می‌شود.
- ❑ حساسیت PCR بسیار بالاست؛ به‌طوری‌که می‌تواند مقدار کم DNA موجود در قطره خون به‌جامانده در صحنه جرم، و یا نسخه‌های اندکی از ژنوم ویروسی موجود در خون بیمار را تشخیص دهد.

اساس واکنش PCR چیست و چگونه انجام می گیرد؟

- ❑ تکنیک PCR با بهره گیری از اصول اولیه فرآیند طبیعی سنتز DNA و همانندسازی، مولکول های DNA را در داخل لوله آزمایش کپی می کند.
- ❑ در داخل سلول های زنده، سیستمی پیچیده که متشکل از تعداد فراوانی پروتئین است، همانندسازی ژنوم را انجام می دهد: دو رشته DNA از هم باز می شوند و هر رشته مولکول مادر به عنوان الگویی برای تولید رشته های مکمل دختر مورد استفاده قرار می گیرد.
- ❑ اساس این نسخه برداری، همان قانون معروف واتسون (James Dewey Watson) و کریک (Francis Crick) است: A همواره با T و G همواره با C جفت می شود.
- ❑ PCR مشابه یک دستگاه فتوکپی است و همانند این دستگاه که نیاز به موادی مثل کاغذ، جوهر و سخت افزار دارد، PCR نیز نیازمند مواد اولیه خاصی است.

James Dewey Watson

- ❑ James Dewey Watson (born April 6, 1928) is an American molecular biologist, geneticist, and zoologist. In 1953, he co-authored with Francis Crick the academic paper proposing the double helix structure of the DNA molecule.

James Watson

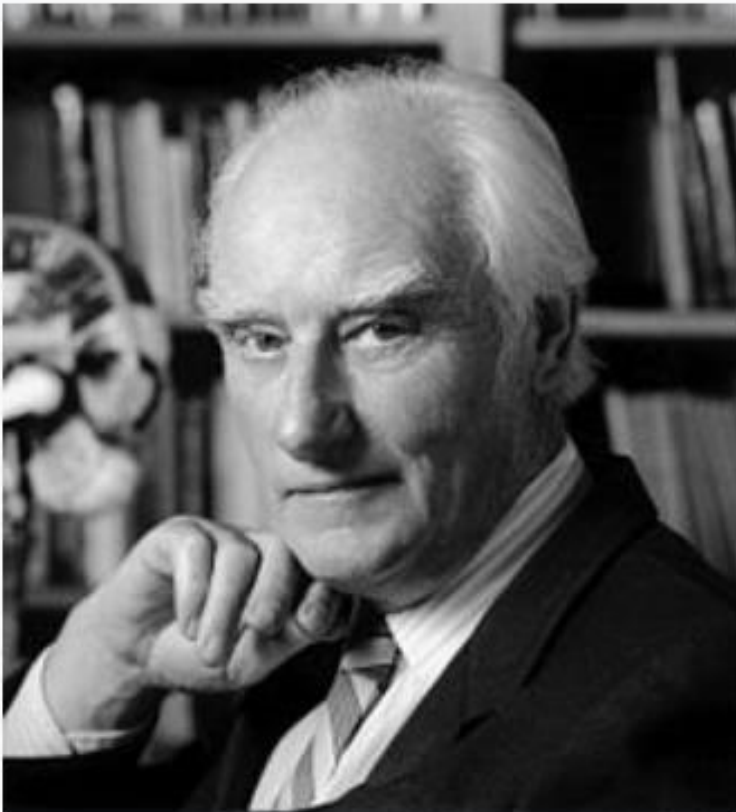


- ❑ جیمز دیوی واتسون (زاده ۶ آوریل ۱۹۲۸) زیست‌شناس مولکولی، متخصص ژنتیک و جانورشناس آمریکایی است. در سال ۱۹۵۳، او با همکاری فرانسیس کریک مقاله آکادمیکی را نوشت که ساختار مارپیچ دوگانه مولکول DNA را پیشنهاد می‌کرد.

Francis Harry Compton Crick

- Francis Harry Compton Crick (8 June 1916 – 28 July 2004) was an English molecular biologist, biophysicist, and neuroscientist. He and James Watson played crucial roles in deciphering the helical structure of the DNA molecule.

Francis Crick



- فرانسیس هری کامپتون کریک (زاده ۸ ژوئن ۱۹۱۶ - درگذشته ۲۸ ژوئیه ۲۰۰۴) زیست‌شناس مولکولی، زیست‌فیزیک‌دان و عصب‌شناس انگلیسی بود. او و جیمز واتسون نقش مهمی در رمزگشایی ساختار مارپیچ مولکول DNA ایفا کردند.

اساس واکنش PCR چیست و چگونه انجام می گیرد؟

□ پنج جزء اصلی برای انجام PCR مورد نیاز است که در ادامه به نقش دقیق هر کدام از آنها بیشتر خواهیم پرداخت:

- (1) نمونه DNA ای که قرار است از آن کپی تهیه شود.
- (2) رشته‌های کوتاهی از DNA به نام پرایمرها، که آغازگر واکنش PCR هستند. پرایمرها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که بتوانند از سمت ۳ پرایم هر دو رشته به توالی موردنظر متصل شوند؛ از این رو به دو نوع پرایمر نیاز خواهیم داشت.
- (3) نوکلئوتیدها (dNTPها) (deoxynucleotide triphosphate) که واحدهای ساختمانی DNA بوده و برای ساخت رشته جدید مورد نیاز می‌باشند.
- (4) آنزیم Taq پلیمرز که بازهای جدید را به ساختار DNA می‌افزاید.
- (5) بافر که شرایط مناسب انجام آزمایش PCR را فراهم می‌کند.

Each end of DNA molecule has a number. One end is referred to as 5' (five **prime**) and the other end is referred to as 3' (**three prime**).

اساس واکنش PCR چیست و چگونه انجام می گیرد؟

❑ در PCR گرم کردن و سرد کردن به صورت پشت سر هم و توسط دستگاه انجام می گیرد. این فرآیند چرخه حرارتی نام دارد.

❑ آزمایش PCR سه مرحله اصلی دارد:

(1) دناتوراسیون (Denaturation): DNA دورشته ای حرارت داده می شود تا به دو DNA تک رشته ای تبدیل شود.

(2) اتصال (Annealing): دما به میزانی پایین آورده می شود تا پرایمرها بتوانند به رشته الگو متصل شوند.

(3) گسترش (Extending): با افزایش دما، رشته جدید توسط آنزیم Taq پلیمراز شروع به ساخته شدن می کند.

اساس واکنش PCR چیست و چگونه انجام می گیرد؟

- این سه مرحله، ۲۰ الی ۴۰ بار تکرار می شوند و در هر مرتبه تعداد کپی های تهیه شده از هر DNA دو برابر می شود.
- یک آزمایش PCR می تواند در کمتر از یک ساعت به طور کامل به انجام برسد. البته مدت زمان انجام آن به سرعت دستگاه ها نیز بستگی دارد.
- پس از انجام شدن PCR، از تکنیک الکتروفورز (Electrophoresis) برای بررسی تعداد قطعات تولید شده و اندازه آنها استفاده می شود.

Electrophoresis is a laboratory technique used to separate DNA, RNA, or protein molecules based on their size and electrical charge.

الکتروفورز یک تکنیک آزمایشگاهی است که برای جداسازی مولکول های DNA، RNA یا پروتئین بر اساس اندازه و بار الکتریکی آنها استفاده می شود.

Taq DNA Polymerase آنزیم



- ❑ Taq DNA polymerase is the most common enzyme used for PCR amplification.
- ❑ This enzyme is extremely heat resistant with a half-life of 40 minutes at 95°C.
- ❑ At its optimal temperature (72°C), nucleotides are incorporated at a rate of 2–4 kilobases per minute.

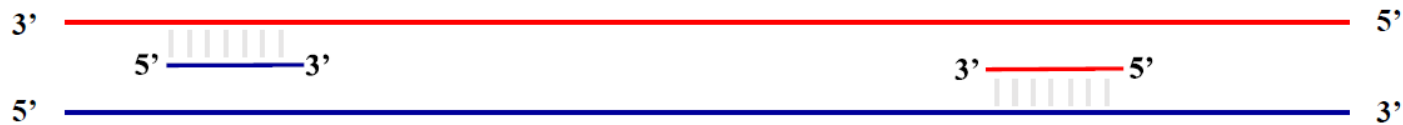
❑ Taq DNA پلیمرز رایجترین آنزیمی است که برای تقویت PCR استفاده می شود.

❑ این آنزیم بسیار مقاوم در برابر حرارت با نیمه عمر ۴۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد است.

❑ در دمای بهینه آن (۷۲ درجه سانتی گراد)، نوکلئوتیدها با سرعت ۲ تا ۴ کیلو باز در دقیقه ترکیب می شوند.

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

□ پرایمر از ۱۵ الی ۳۰ نوکلئوتید تشکیل شده و برای شروع ساخت بخش مکمل یک زنجیره نوکلئوتیدی لازم است.



TTAACGGCCTTAA ... TTTAAACCGGTT
AATTGCCGGAATT >

و

< ... AAATTTGGCCAA
TTAACGGCCTTAA ... TTTAAACCGGTT

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

□ مراحل PCR

Denaturalization: 94°- 95°C

پیوند هیدروژنی بین دو زنجیره DNA از هم گسسته می‌شود.

Primer Annealing: 55°- 65°C

بین پرایمر و هرکدام از زنجیره‌های DNA پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.

Extension of DNA: 72°C

DNA به کمک آنزیم پلیمراز تکثیر می‌شود.

✓ این مراحل طی ۲۵ تا ۴۰ بار (سیکل) تکرار می‌شوند.

✓ در هر سیکل، تعداد DNA مورد نظر دو برابر می‌شود.

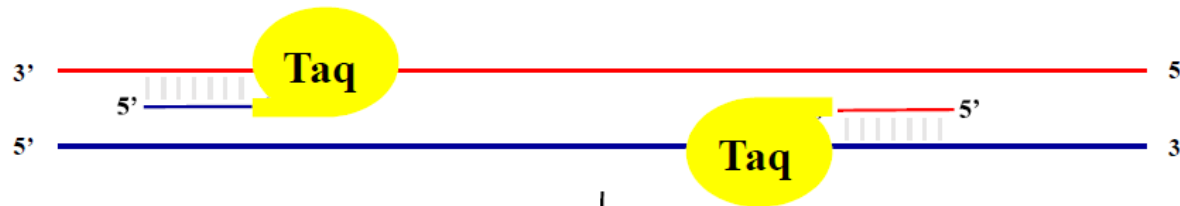
واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR)

□ تجهیزات مورد استفاده:

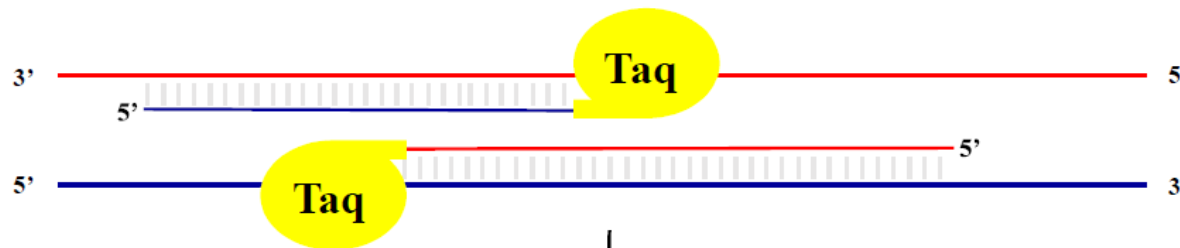


واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

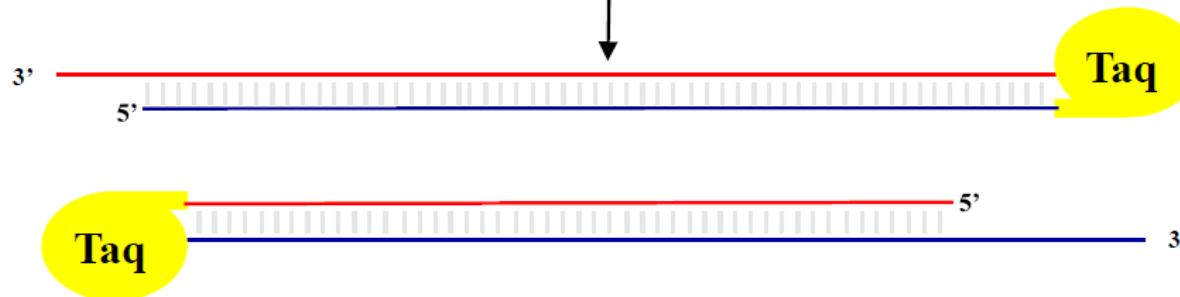
□ مراحل کار:



Primers Annealing



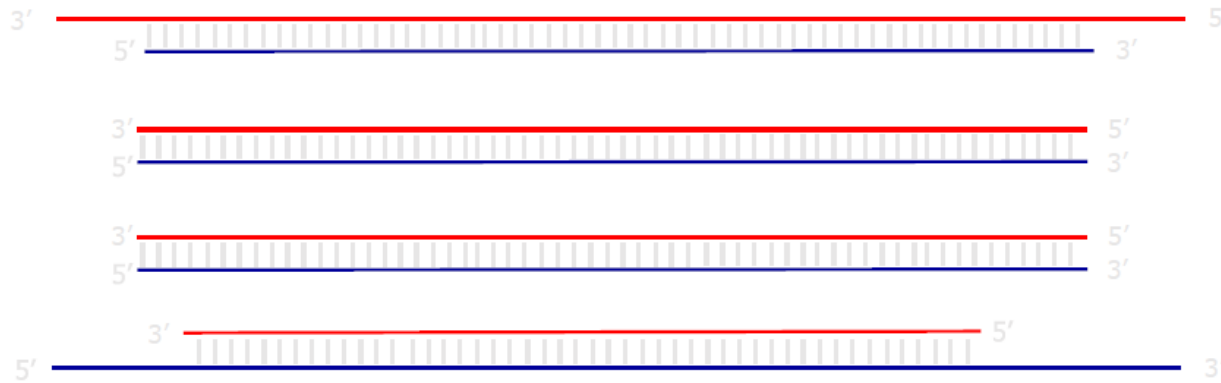
Primers Extension



Extension Continues

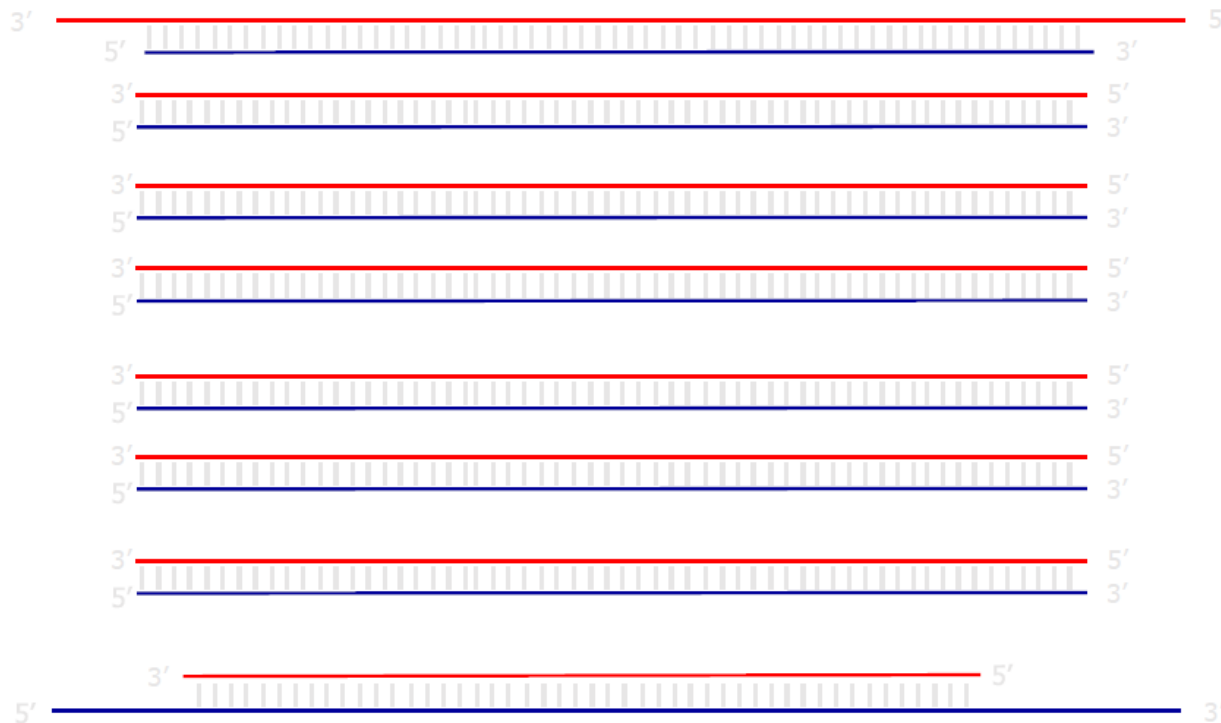
↓
Repeat

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)



Cycle 2

4 Copies

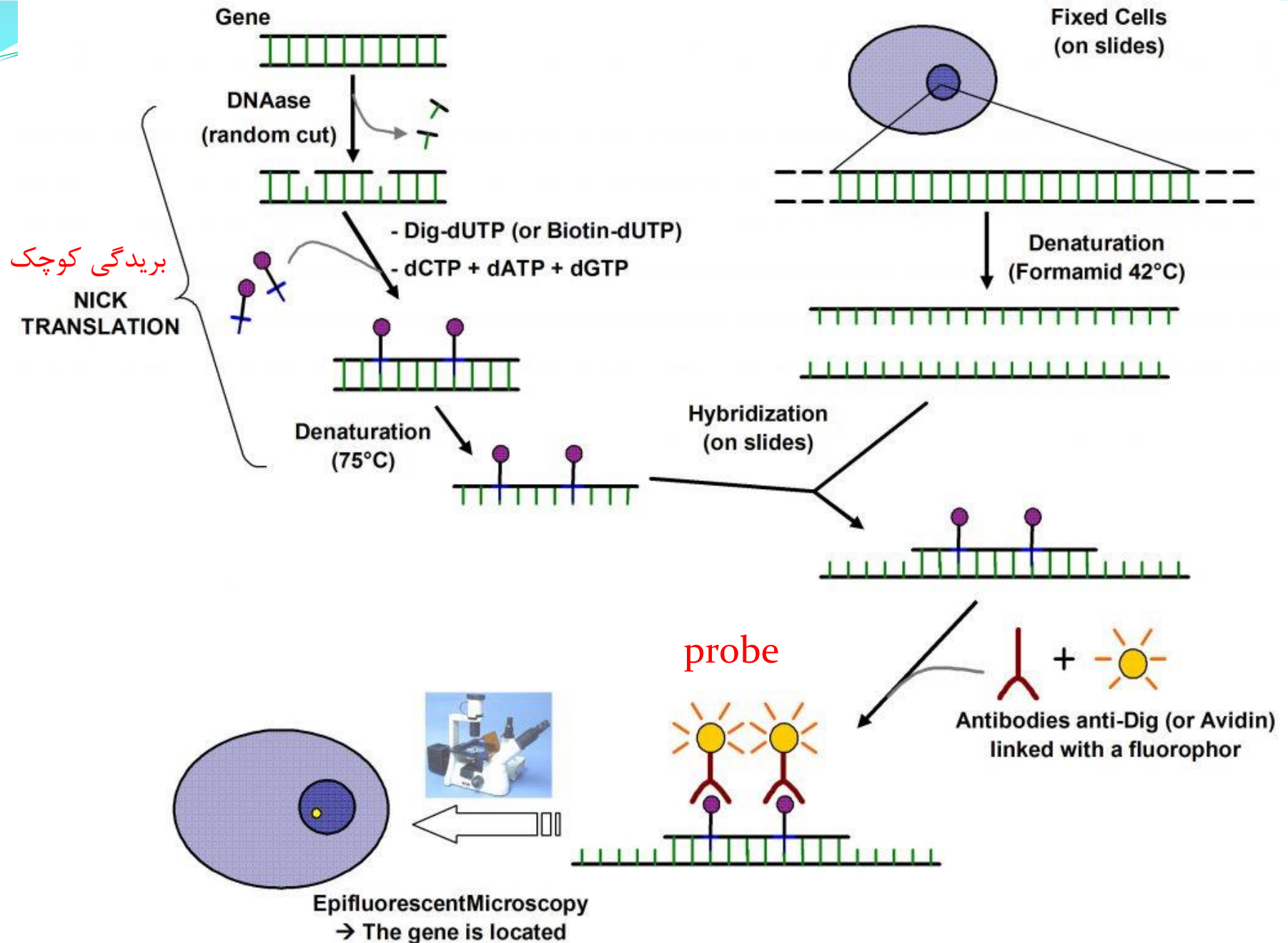


Cycle 3

8 Copies

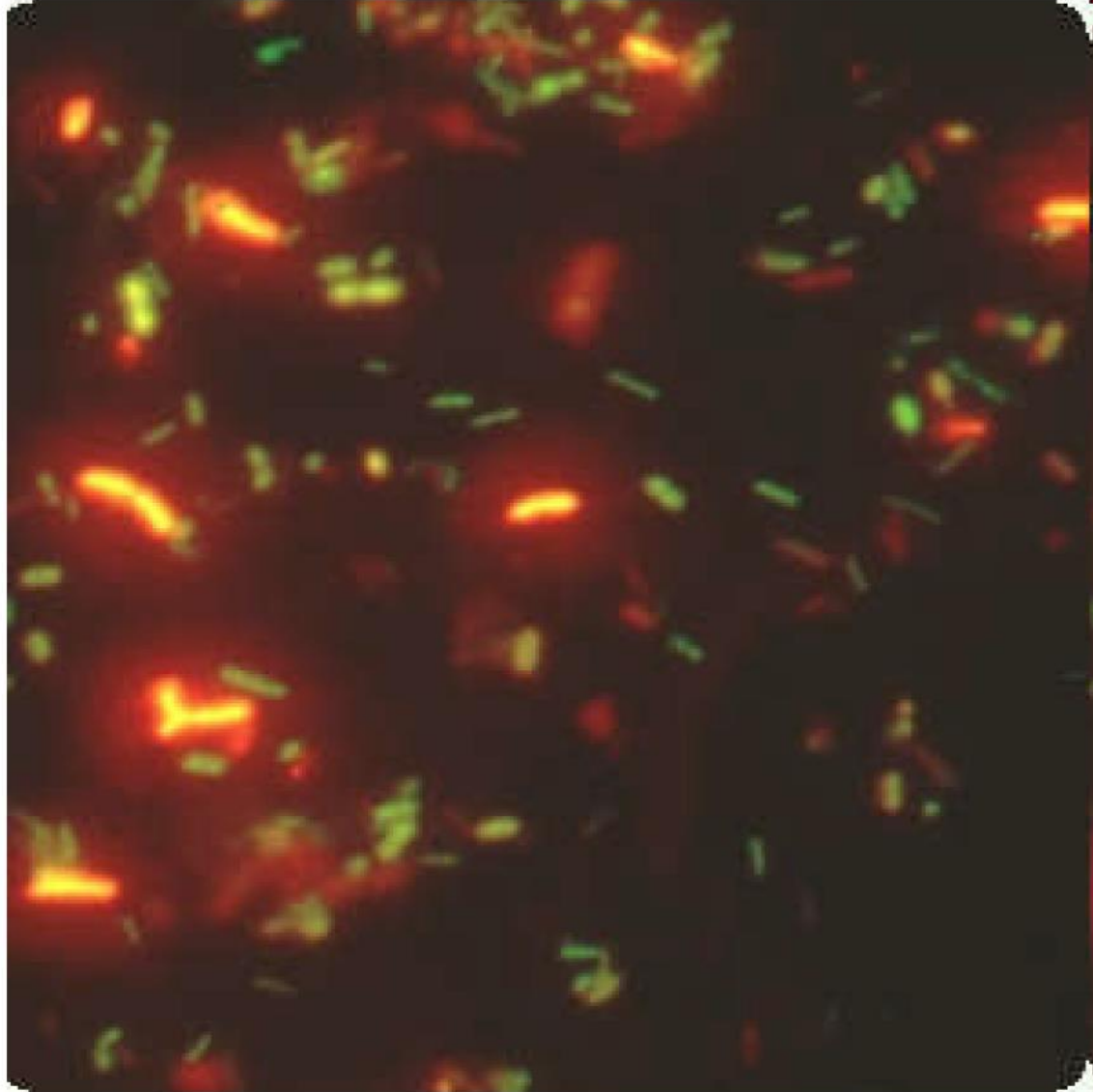
...in exponential way

Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) روش شناسایی



روش شناسایی FISH

□ تصویر میکروسکوپ فلورسانس



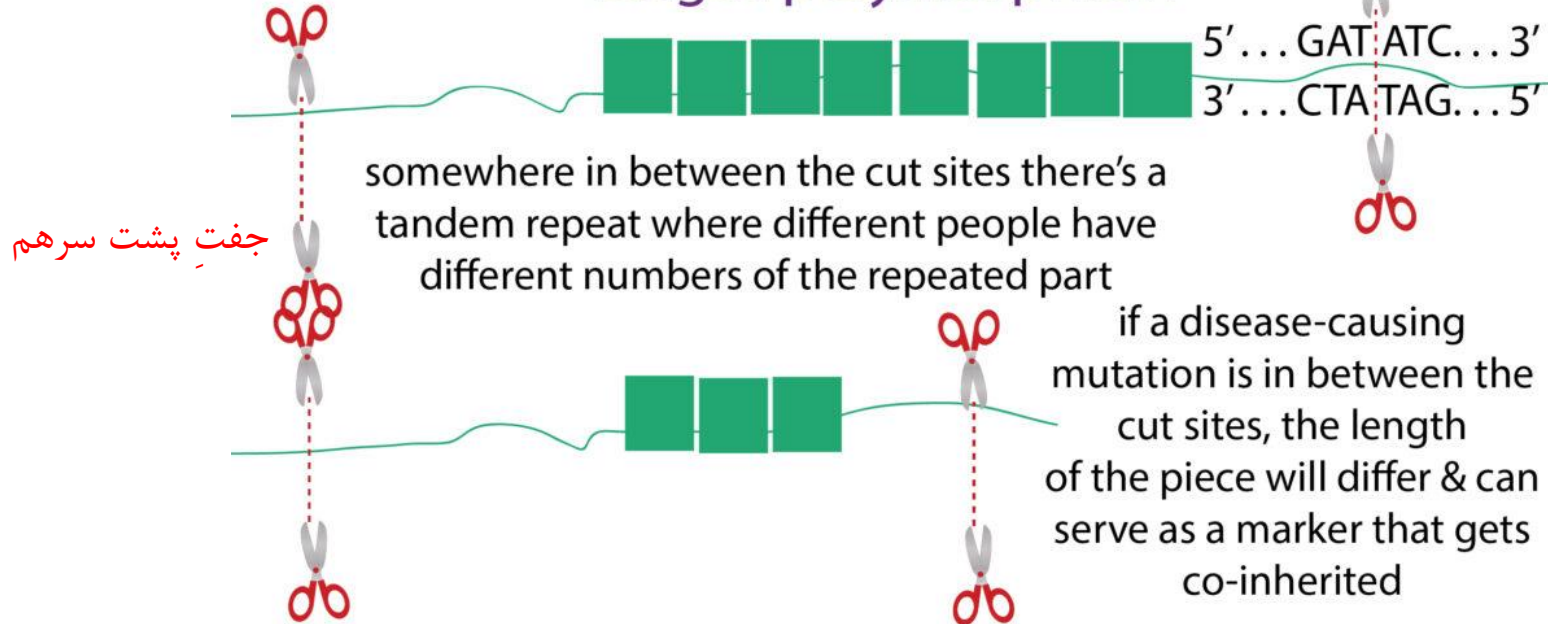
Fluorescence In Situ Hybridization (FISH)

- ❑ Fluorescence in situ hybridization (FISH) is a laboratory technique for detecting and locating a specific DNA sequence on a chromosome.
- ❑ The technique relies on exposing chromosomes to a small DNA sequence called a probe that has a fluorescent molecule attached to it.

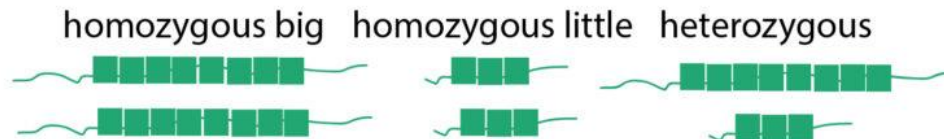
- ❑ هیبریداسیون درجا فلورسانس (FISH) یک تکنیک آزمایشگاهی برای تشخیص و مکان‌یابی یک توالی DNA خاص بر روی کروموزوم است.
- ❑ این تکنیک بر قرار دادن کروموزوم‌ها در معرض یک توالی DNA کوچک به نام پروب که یک مولکول فلورسنت به آن متصل است، متکی است.

Restriction fragment length polymorphism (RFLP) روش شناسایی

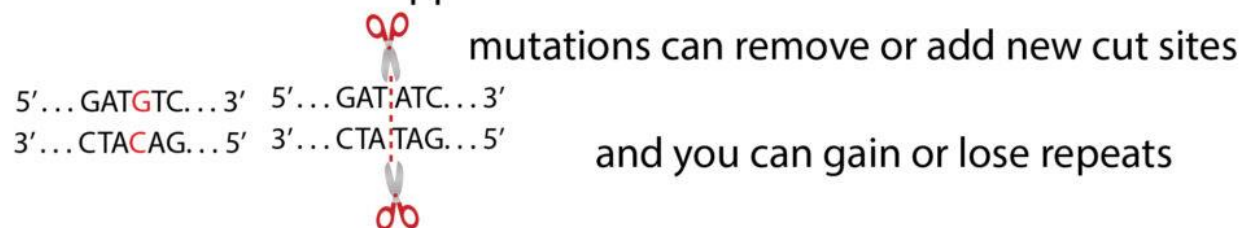
RFLP restriction fragment length polymorphism



if you just look at 1 site, each person can have 2 versions. we call it "homozygous" if they're the same & "heterozygous" if they're different



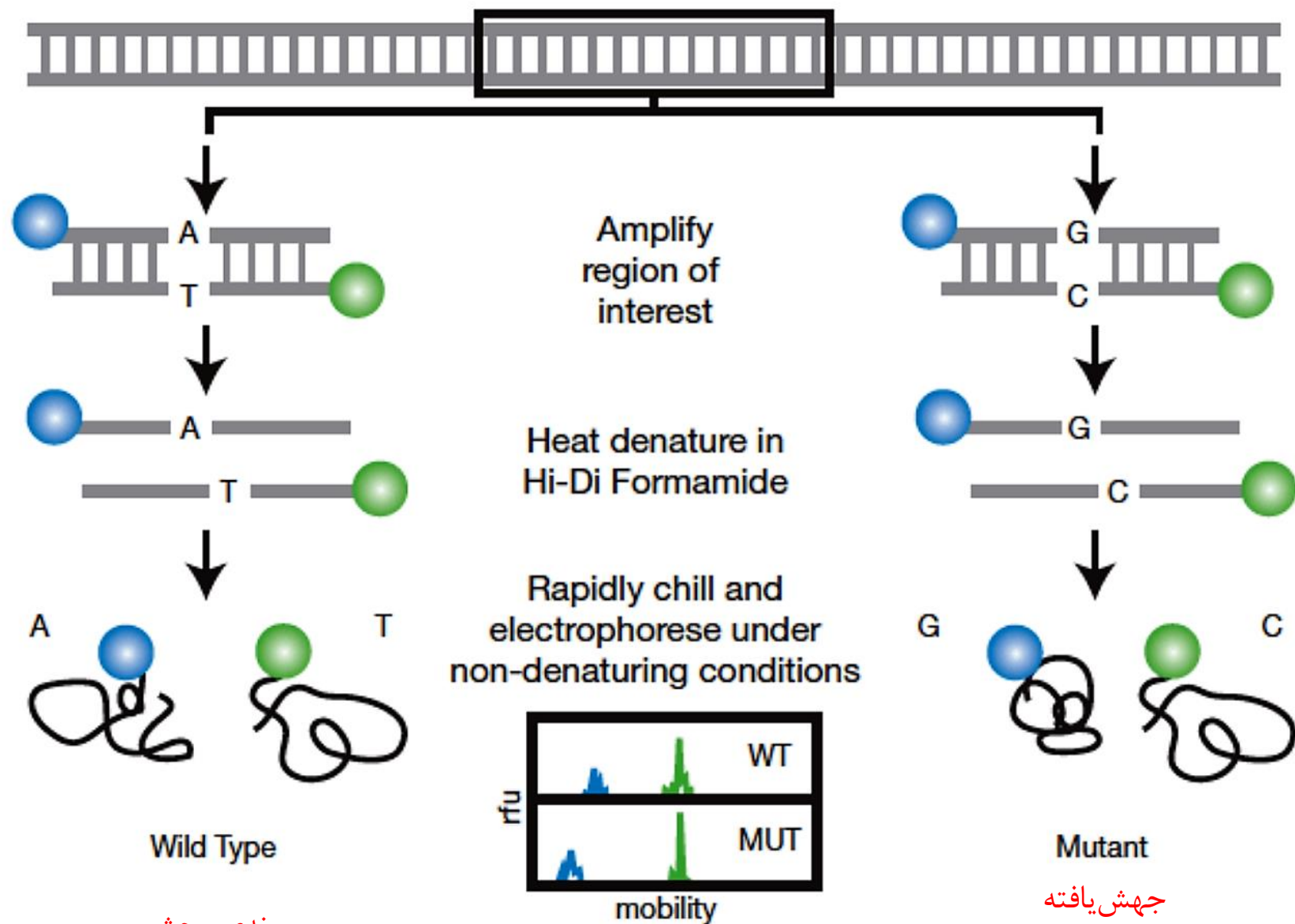
but a lot of stuff can happen between cut sites



روش شناسایی (RFLP) Restriction fragment length polymorphism

- ❑ Restriction fragment length polymorphism (RFLP) is a type of polymorphism that results from variation in the DNA sequence recognized by restriction enzymes.
- ❑ These are bacterial enzymes used by scientists to cut DNA molecules at known locations.
- ❑ RFLPs (pronounced "rif lips") are used as markers on genetic maps.
- ❑ پلی مورفیسم طول قطعه محدود (RFLP) نوعی پلی مورفیسم است که در نتیجه تغییر در توالی DNA شناسایی شده توسط آنزیم‌های محدود کننده ایجاد می‌شود.
- ❑ این‌ها آنزیم‌های باکتریایی هستند که توسط دانشمندان برای برش مولکول‌های DNA در مکان‌های شناخته شده استفاده می‌شوند.
- ❑ RFLP ها (با تلفظ «rif lips») به عنوان نشانگر در نقشه‌های ژنتیکی استفاده می‌شوند.

روش شناسایی Single-strand conformation polymorphism (SSCP)

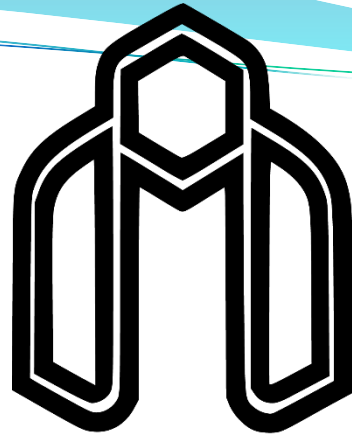


مونه‌ی وحشی

Relative fluorescence units

روش شناسایی تک رشته‌ای (SSCP) Single-strand conformation polymorphism

- ❑ Single-stranded conformation polymorphism (SSCP) analysis is a widely used screening method that allows you to identify different genomic variants in a large number of samples and in a broad range of organisms, from microorganisms to humans.
- ❑ آنالیز پلی‌مورفیسم ساختاری تک‌رشته‌ای (SSCP) یک روش غربالگری پرکاربرد است که به شما امکان می‌دهد انواع مختلف ژنومی را در تعداد زیادی از نمونه‌ها و در طیف وسیعی از موجودات، از میکروارگانیسم‌ها گرفته تا انسان شناسایی کنید.
- ❑ آنالیز SSCP واریانت‌های ژنومی (جهش‌های نقطه‌ای و تغییر در یک جفت‌باز) را از طریق تفاوت حرکت قطعات در الکتروفورز تشخیص می‌دهد.
- ❑ تئوری پشت SSCP آن است که هنگام قرارگیری DNA در ژل پلی‌آکریل‌آمید غیردنا توره‌کننده، توالی اولیه و طول قطعه تک‌رشته‌ای DNA، تعیین‌کننده ساختار آن هستند.
- ❑ در صورتیکه توالی DNA دارای جهشی حتی به اندازه یک جفت‌باز باشد و در شرایط غیردنا توره‌کننده قرار بگیرد، تغییر در حرکت قابل‌سنجشی را در الکتروفورز نشان خواهد داد.



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه پنجم

اصول میکروبیولوژی-۱

آنزیم‌ها (Enzymes)

❑ **تعریف:** مواد آلی که توسط میکروارگانیسم‌ها تولید شده و نقش کاتالیستی دارند.

❑ آنزیم‌ها از پروتئین‌های تخصص‌یافته تشکیل شده‌اند.

❑ پروتئین‌ها از ۲۰ نوع آمینو اسید تشکیل شده‌اند.

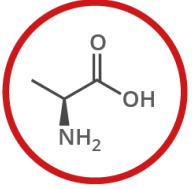
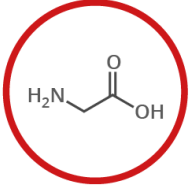
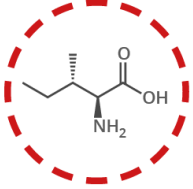
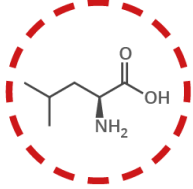
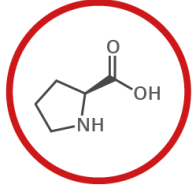
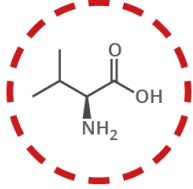
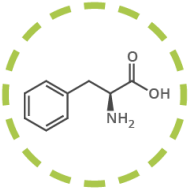
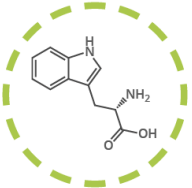
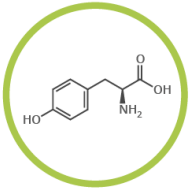
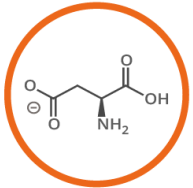
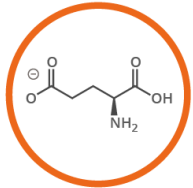
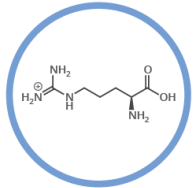
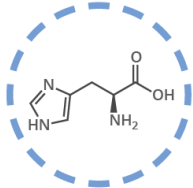
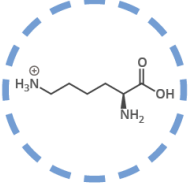
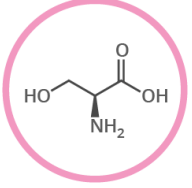
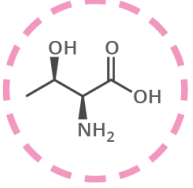
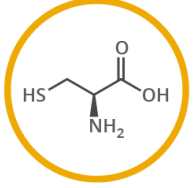
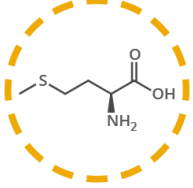
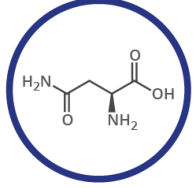
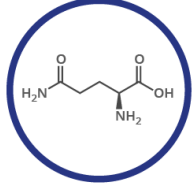
خاصیت آنزیم‌ها: {

- ۱- افزایش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی
- ۲- هدایت واکنش‌های شیمیایی به مسیرهای خاص (واکنش خاص یا مولکولی خاص)

A GUIDE TO THE TWENTY COMMON AMINO ACIDS

AMINO ACIDS ARE THE BUILDING BLOCKS OF PROTEINS IN LIVING ORGANISMS. THERE ARE OVER 500 AMINO ACIDS FOUND IN NATURE - HOWEVER, THE HUMAN GENETIC CODE ONLY DIRECTLY ENCODES 20. 'ESSENTIAL' AMINO ACIDS MUST BE OBTAINED FROM THE DIET, WHILST NON-ESSENTIAL AMINO ACIDS CAN BE SYNTHESISED IN THE BODY.

Chart Key: ● ALIPHATIC ● AROMATIC ● ACIDIC ● BASIC ● HYDROXYLIC ● SULFUR-CONTAINING ● AMIDIC ○ NON-ESSENTIAL ○ ESSENTIAL

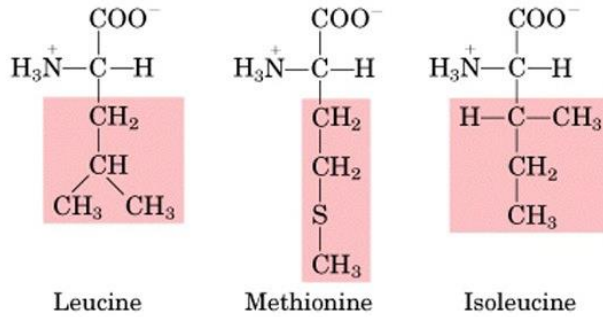
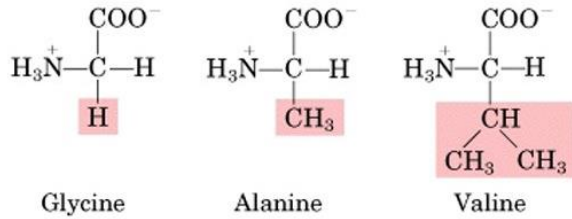
Chemical Structure single letter code NAME A three letter code DNA codons	 ALANINE A <i>Ala</i> GCT, GCC, GCA, GCG	 GLYCINE G <i>Gly</i> GGT, GGC, GGA, GGG	 ISOLEUCINE I <i>Ile</i> ATT, ATC, ATA	 LEUCINE L <i>Leu</i> CTT, CTC, CTA, CTG, TTA, TTG	 PROLINE P <i>Pro</i> CCT, CCC, CCA, CCG	 VALINE V <i>Val</i> GTT, GTC, GTA, GTG
 PHENYLALANINE F <i>Phe</i> TTT, TTC	 TRYPTOPHAN W <i>Trp</i> TGG	 TYROSINE Y <i>Tyr</i> TAT, TAC	 ASPARTIC ACID D <i>Asp</i> GAT, GAC	 GLUTAMIC ACID E <i>Glu</i> GAA, GAG	 ARGININE R <i>Arg</i> CGT, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG	 HISTIDINE H <i>His</i> CAT, CAC
 LYSINE K <i>Lys</i> AAA, AAG	 SERINE S <i>Ser</i> TCT, TCC, TCA, TCG, AGT, AGC	 THREONINE T <i>Thr</i> ACT, ACC, ACA, ACG	 CYSTEINE C <i>Cys</i> TGT, TGC	 METHIONINE M <i>Met</i> ATG	 ASPARAGINE N <i>Asn</i> AAT, AAC	 GLUTAMINE Q <i>Gln</i> CAA, CAG

Note: This chart only shows those amino acids for which the human genetic code directly codes for. Selenocysteine is often referred to as the 21st amino acid, but is encoded in a special manner. In some cases, distinguishing between asparagine/aspartic acid and glutamine/glutamic acid is difficult. In these cases, the codes asx (B) and glx (Z) are respectively used.

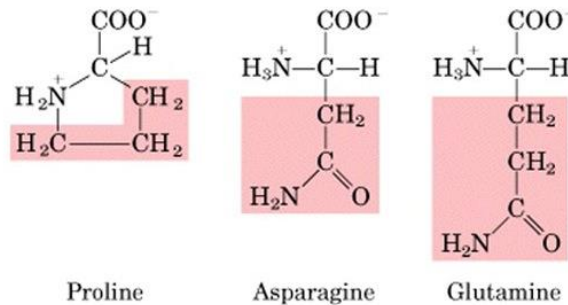
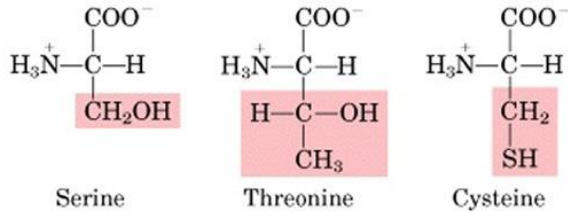
codon: a sequence of three nucleotides which together form a unit of genetic code in a DNA or RNA molecule.

بیست آمینو اسید رایج

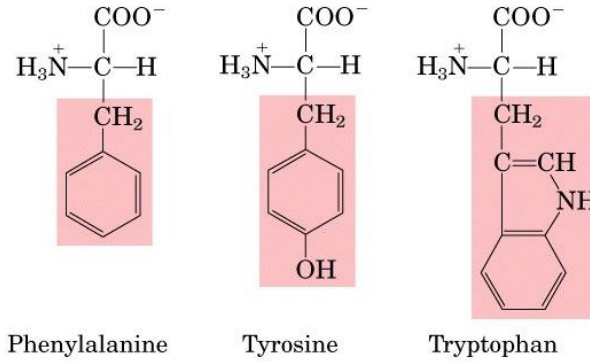
Nonpolar, aliphatic R groups



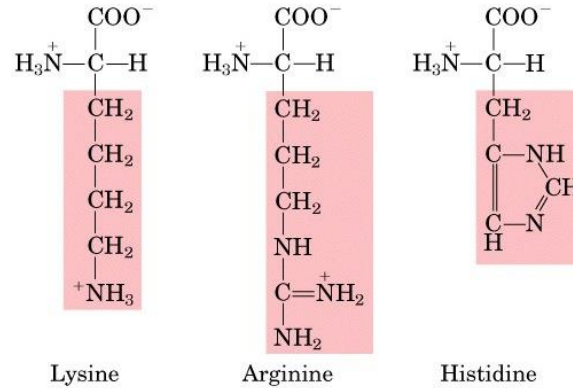
Polar, uncharged R groups



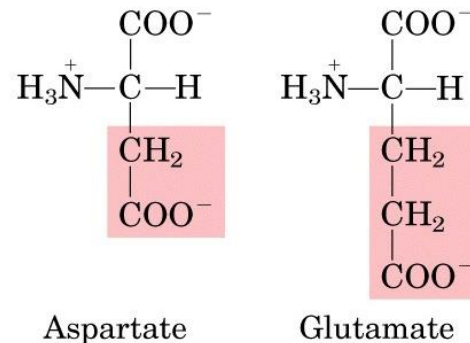
Aromatic R groups



Positively charged R groups



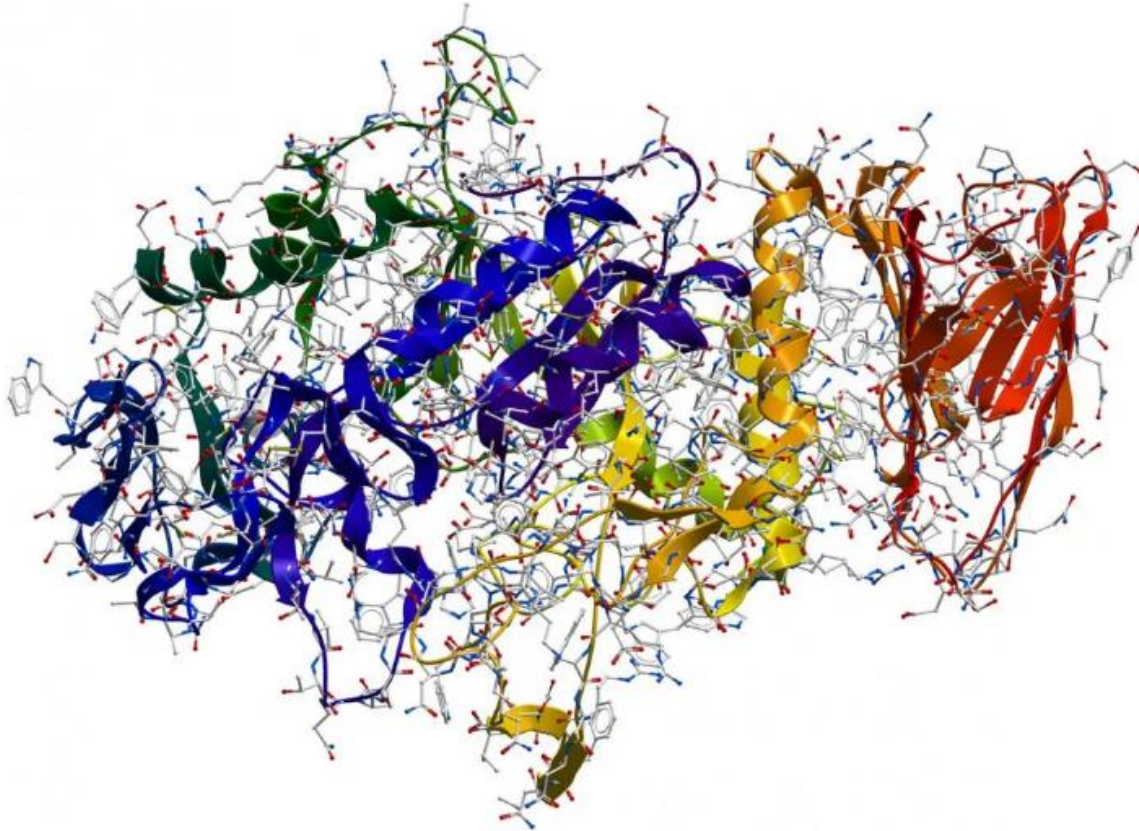
Negatively charged R groups



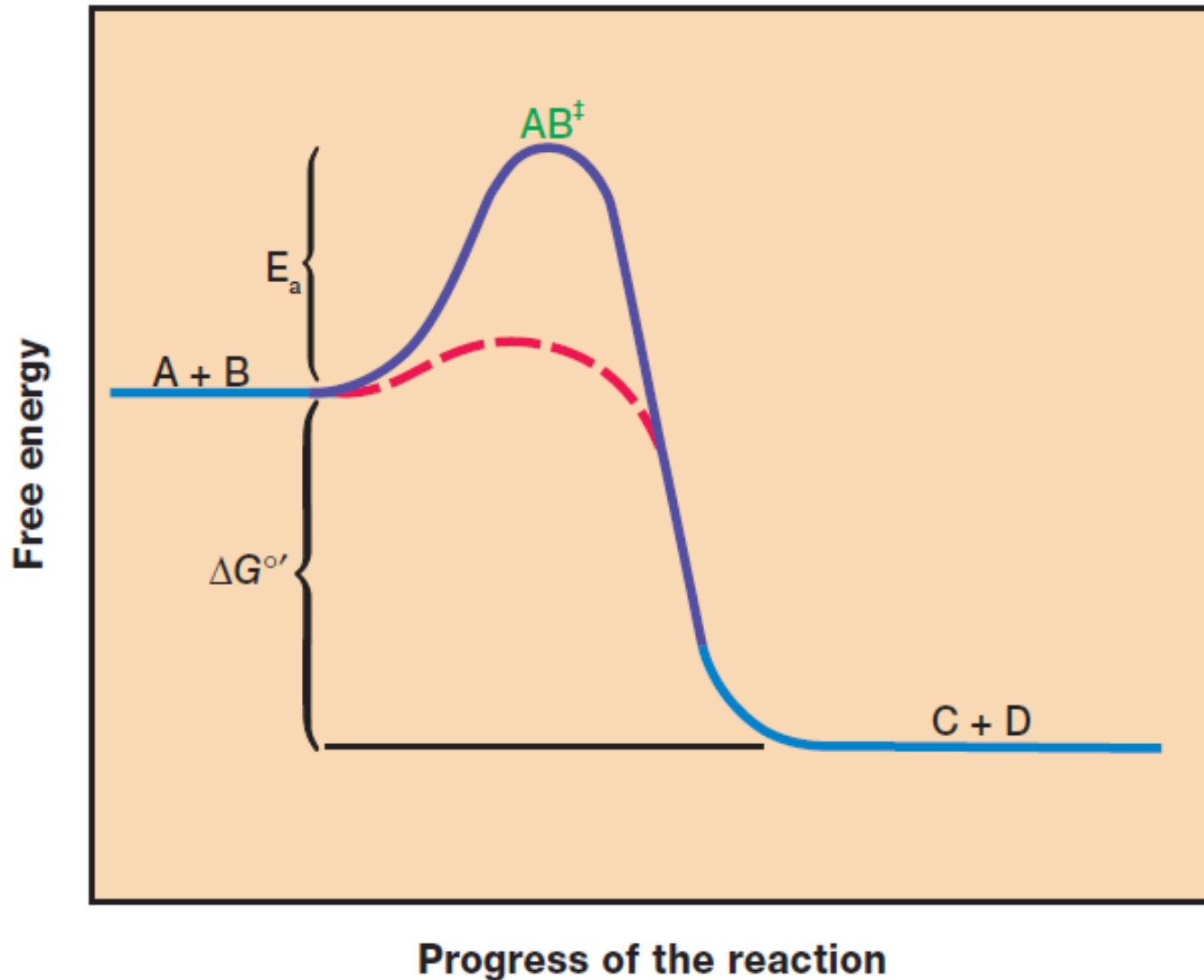
Amino acids are molecules that combine to form proteins. Amino acids and proteins are the **building blocks** of life. When proteins are digested or broken down, amino acids are left. The human body uses amino acids to make proteins to help the body: **Break down** food.

آمینو اسیدها مولکول‌هایی هستند که با هم ترکیب می‌شوند و پروتئین‌ها را تشکیل می‌دهند. اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها اجزای سازنده زندگی هستند. هنگامی که پروتئین‌ها هضم یا تجزیه می‌شوند، اسیدهای آمینه باقی می‌مانند. بدن انسان از اسیدهای آمینه برای ساخت پروتئین استفاده می‌کند تا به بدن کمک کند: **تجزیه** غذا.

□ آنزیم آمیلاز (amylase)، نشاسته را به قند تجزیه می‌کند.



□ نقش کاتالیزوری آنزیم



$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

$T \Delta S_{total}$ $T \Delta S_{surr}$ $T \Delta S_{system}$

انجام یک فرآیند از لحاظ ترمودینامیکی هنگامی امکان‌پذیر است که تغییرات انرژی آزاد گیبس منفی باشد.

انرژی آزاد گیبس در حالت استاندارد (ΔG°)

انرژی آزاد گیبس در واکنش (ΔG)

با استفاده از تغییرات آنتالپی (ΔH) و تغییرات آنتروپی (ΔS) یک سیستم می‌توان تغییرات انرژی آزاد مرتبط با آن را مطابق با رابطه زیر بیان کرد:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

با توجه به رابطه فوق، انرژی آزاد یک واکنش در حالت استاندارد نیز برابر می‌شود با:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

حالت استاندارد برای یک واکنش به دو شرط زیر اشاره می‌کند:

- فشار جزئی هر گاز موجود در واکنش برابر با 0.1MPa باشد.
- غلظت تمامی محلول‌ها برابر با ۱ مول (1 M) است.

توجه داشته باشید که اندازه‌گیری‌ها نیز در دمای 25°C انجام می‌شود.

آنتالپی و آنتالپی ویژه

Enthalpy is a property of the system which is equal to addition of internal energy and flow work (flow energy)

Enthalpy = Internal energy (U) + Flow energy (PV)

$$H = U + PV \quad \text{kJ}$$

On unit mass basis called specific enthalpy(h)

$$h = u + Pv \quad \text{kJ/kg}$$

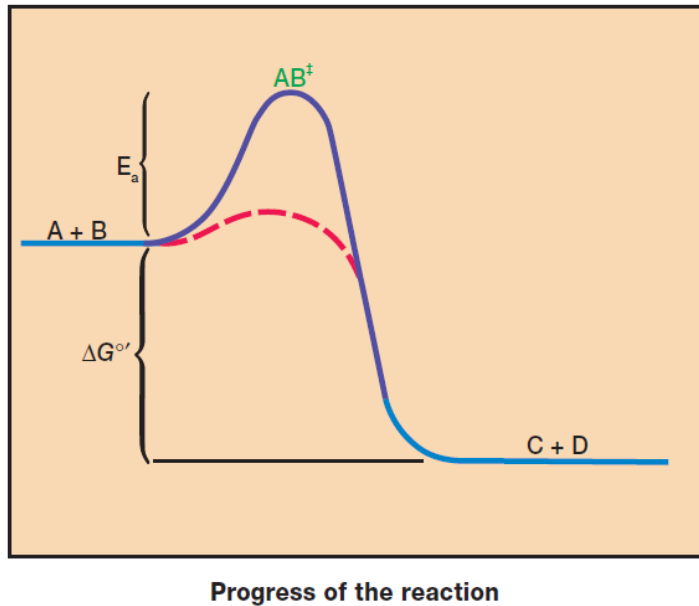


Figure 8.14 Enzymes Lower the Energy of Activation. This figure traces the course of a chemical reaction in which A and B are converted to C and D. The transition-state complex is represented by $AB^\ddagger$, and the activation energy required to reach it, by E_a . The colored line represents the course of the reaction in the presence of an enzyme. Note that the activation energy is much lower in the enzyme-catalyzed reaction.

□ آنزیم‌ها انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهند.

□ این شکل سیر یک واکنش شیمیایی را نشان می‌دهد که در آن A و B به C و D تبدیل می‌شوند.

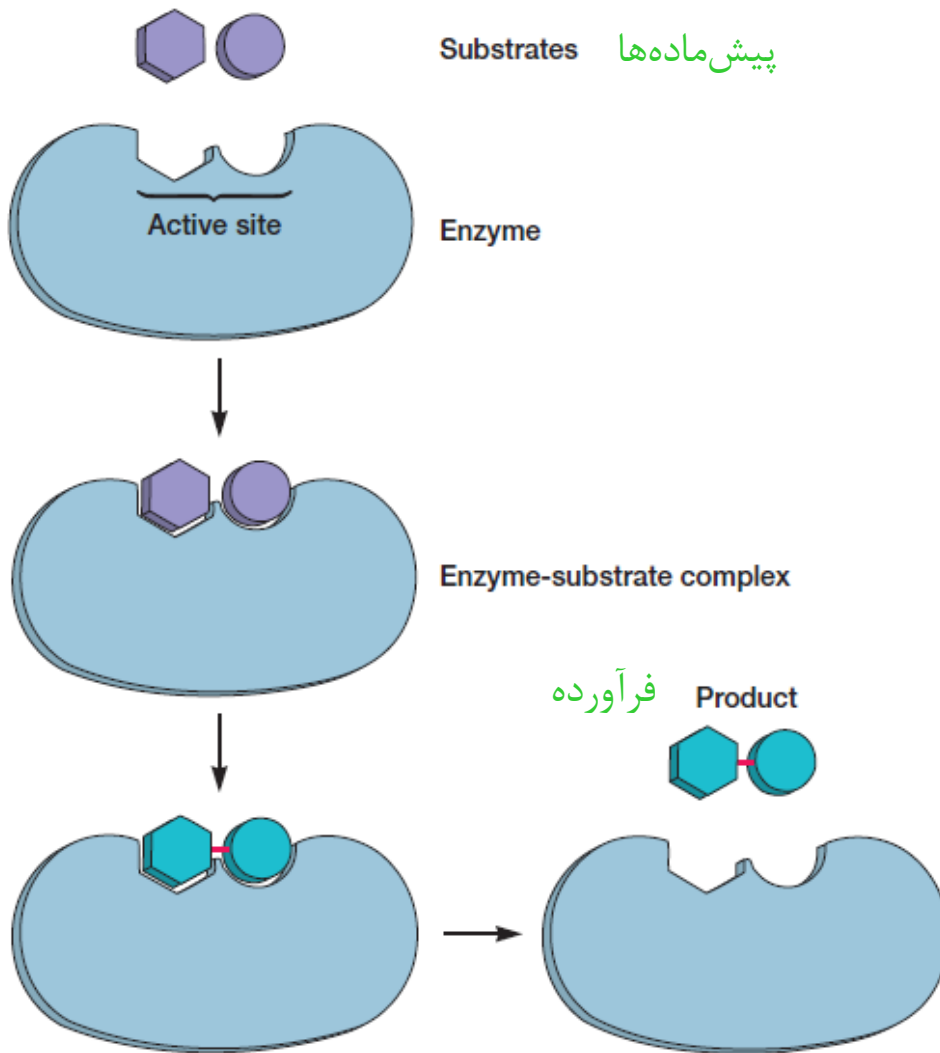
□ کمپلکس حالت گذار با $AB^\ddagger$ و انرژی فعال‌سازی مورد نیاز برای رسیدن به آن نشان داده می‌شود.

□ خط رنگی (قرمز خط چین) نشان‌دهنده سیر واکنش در حضور یک آنزیم است.

□ توجه داشته باشید که انرژی فعال‌سازی در واکنش کاتالیز شده توسط آنزیم بسیار کمتر است.

آنزیم‌ها

نحوه عملکرد آنزیم:



□ آنزیم‌ها با استفاده از عوامل سطحی فعال (Active site) یا کاتالیستی (Catalytic site) با پیش ماده (substrate) تشکیل کمپلکس آنزیم-پیش ماده (Enzyme-substrate complex) می‌دهند.

□ دو مکانیسم اصلی پیوند آنزیم با پیش ماده (substrate):

Lock-and-key (قفل و کلید)

Induced fit (فیت شدن القایی)

آنزیم‌ها (Lock-and-key)

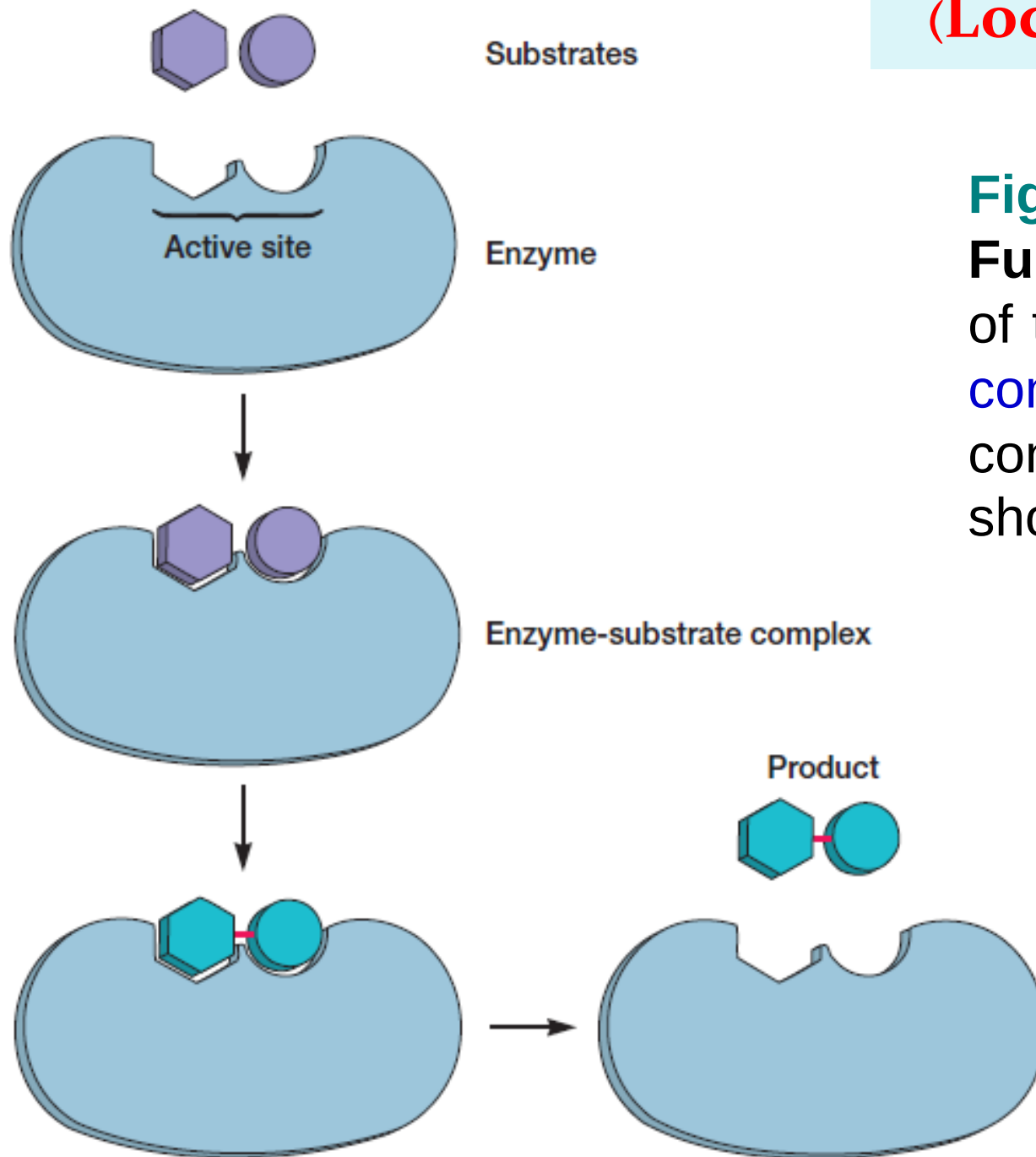


Figure 8.15 Enzyme Function. The formation of the **enzyme-substrate complex** and its conversion to **products** is shown.

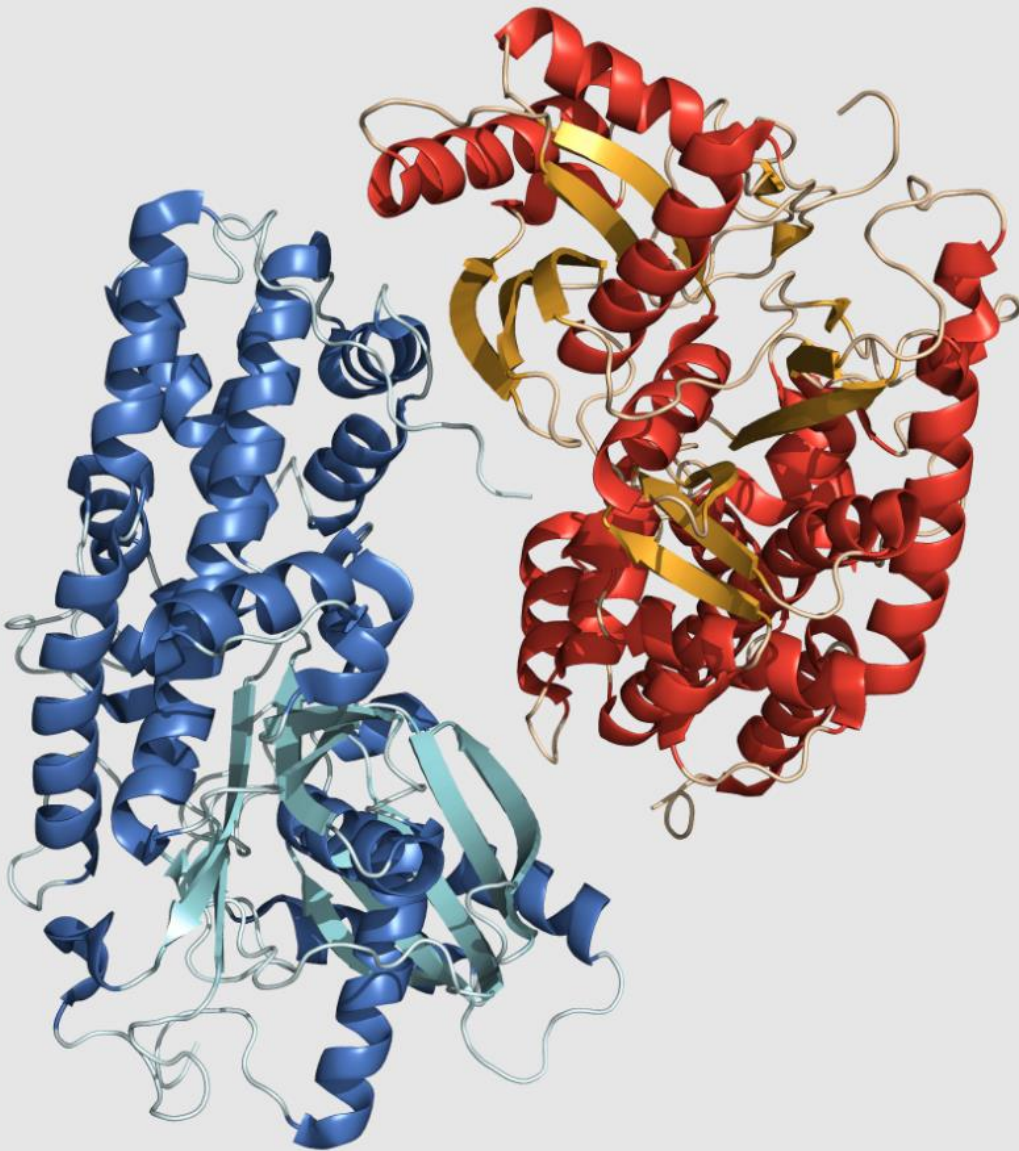
عملکرد آنزیم.

تشکیل کمپلکس آنزیم -
پیش‌ماده (رشدمایه) (ماده
واکنش دهنده با پروتئین) و
تبدیل آن به **فرآورده‌ها**
(محصولات) نشان داده شده
است.

Lock-and-key & Induced fit

- ❑ The enzyme can interact with a substrate in two general ways.
- ❑ It may be rigid and shaped to precisely fit the substrate so that the correct substrate binds specifically and is positioned properly for reaction.
- ❑ This mechanism is referred to as the **lock-and-key model**.
- ❑ An enzyme also may change shape when it binds the substrate so that the active site surrounds and precisely fits the substrate.
- ❑ This has been called the **induced fit model** and is used by hexokinase and many other enzymes (figure 8.16).

Hexokinase enzyme



A hexokinase is an enzyme that phosphorylates hexoses (six-carbon sugars), forming hexose phosphate. In most organisms, glucose is the most important substrate for hexokinases, and glucose-6-phosphate is the most important product.

هگزوکیناز آنزیمی است که هگزوزها (قندهای شش کربنه) را فسفریله می‌کند و هگزوز فسفات را تشکیل می‌دهد. در بیشتر موجودات، گلوکز مهم‌ترین پیش‌ماده برای هگزوکینازها و گلوکز-۶-فسفات مهم‌ترین فرآورده است.

Lock-and-key & Induced fit

□ آنزیم می تواند به دو روش کلی با یک پیش ماده اندرکنش داشته باشد.

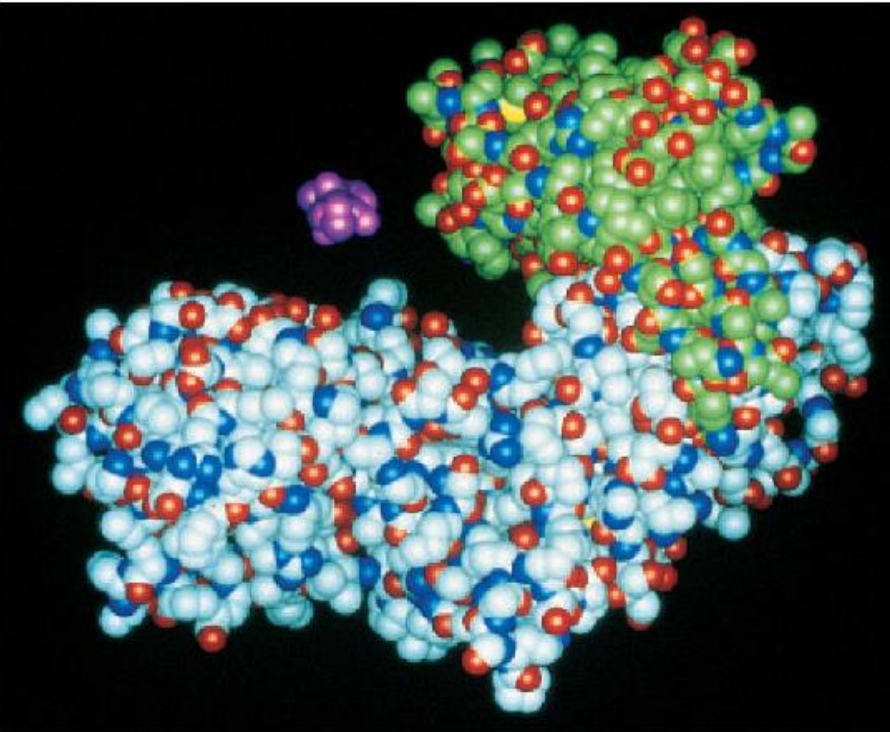
□ ممکن است سفت و محکم باشد و به شکلی باشد که دقیقاً پیش ماده را فیت کند به طوری که پیش ماده صحیح به طور ویژه متصل شده و به درستی برای واکنش قرار گیرد.

□ از این مکانیسم به عنوان **مدل قفل و کلید** یاد می شود.

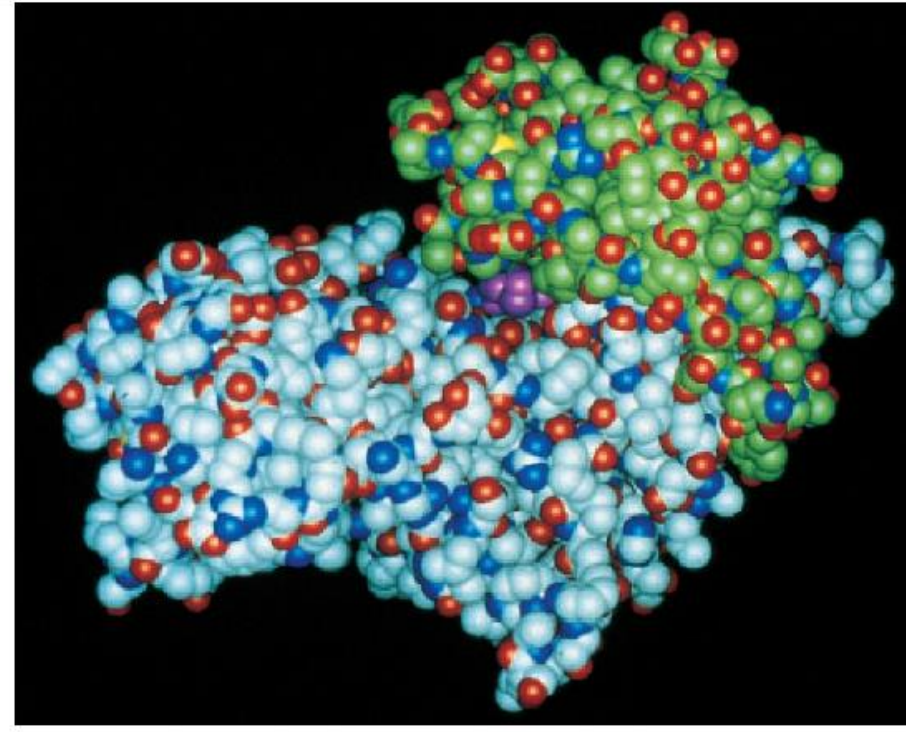
□ همچنین یک آنزیم ممکن است تغییر شکل دهد زمانی که پیش ماده را متصل می کند به طوری که محل فعال، پیش ماده را احاطه کرده و دقیقاً فیت می کند.

□ این مدل **فیت شدن القایی** نامیده می شود و توسط هگزوکیناز و بسیاری از آنزیم های دیگر استفاده می شود (شکل ۸.۱۶).

Induced fit مکانیسم □



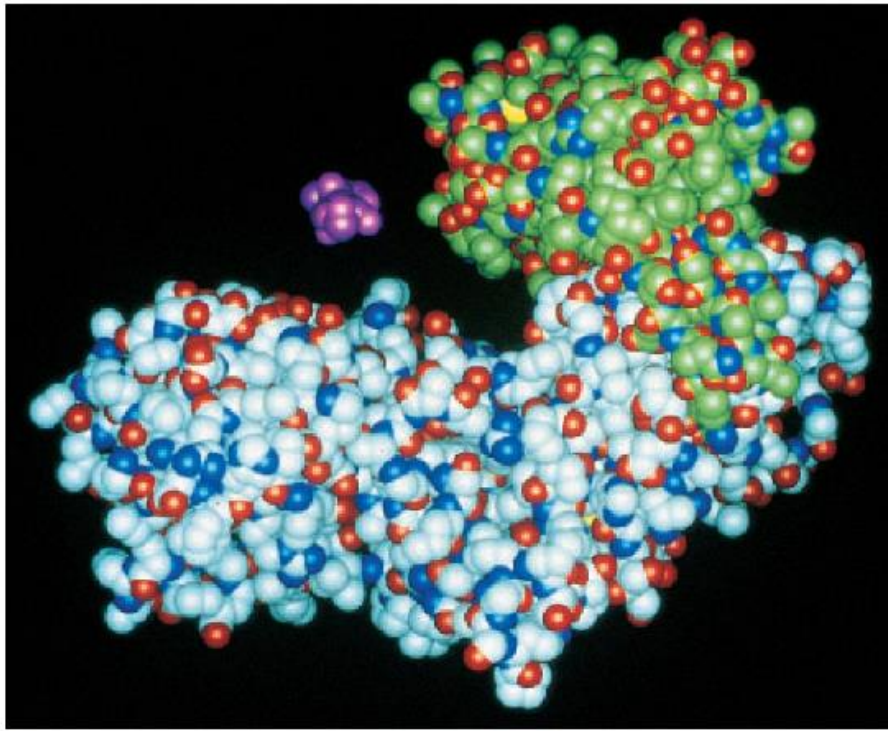
(a)



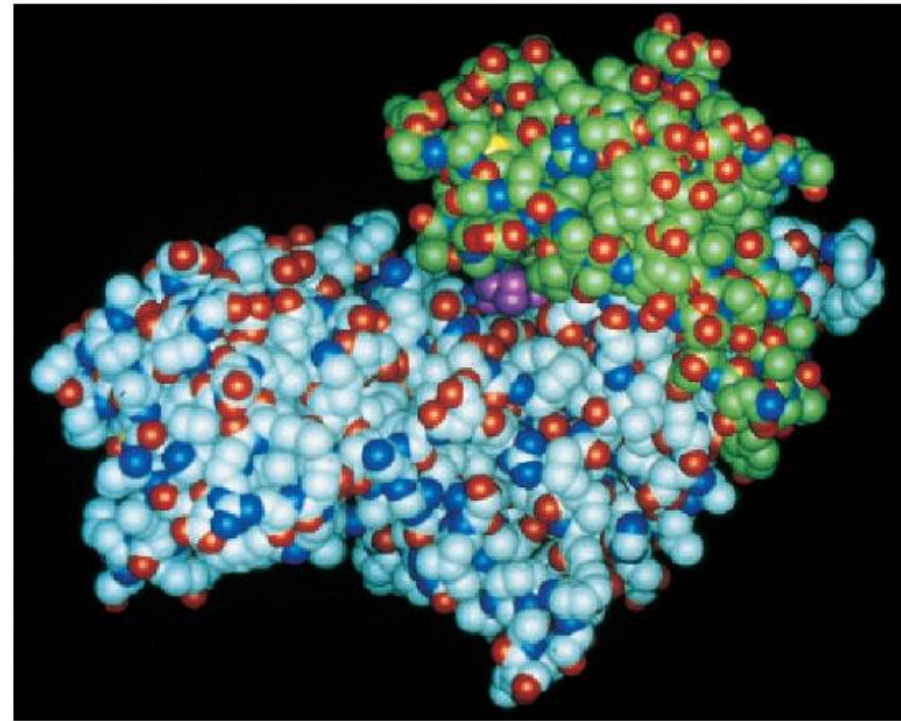
(b)

Figure 8.16 An Example of Enzyme-Substrate Complex Formation. (a) A space-filling model of yeast hexokinase and its substrate glucose (purple). The active site is in the cleft formed by the enzyme's small lobe (green) and large lobe (gray). (b) When glucose binds to form the enzyme-substrate complex, hexokinase changes shape and surrounds the substrate.

Induced fit مکانیسم



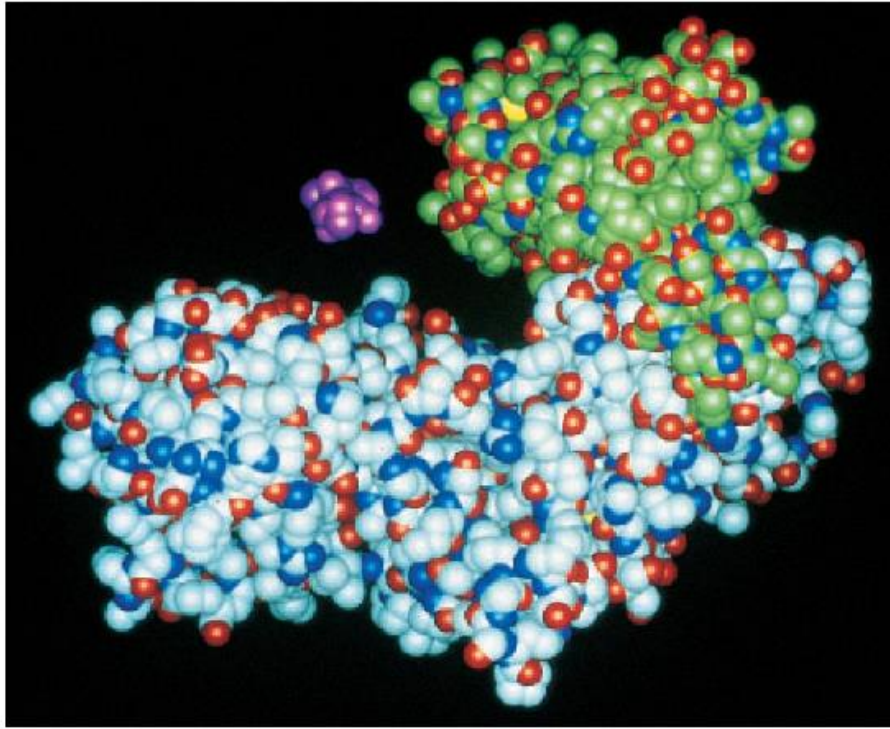
(a)



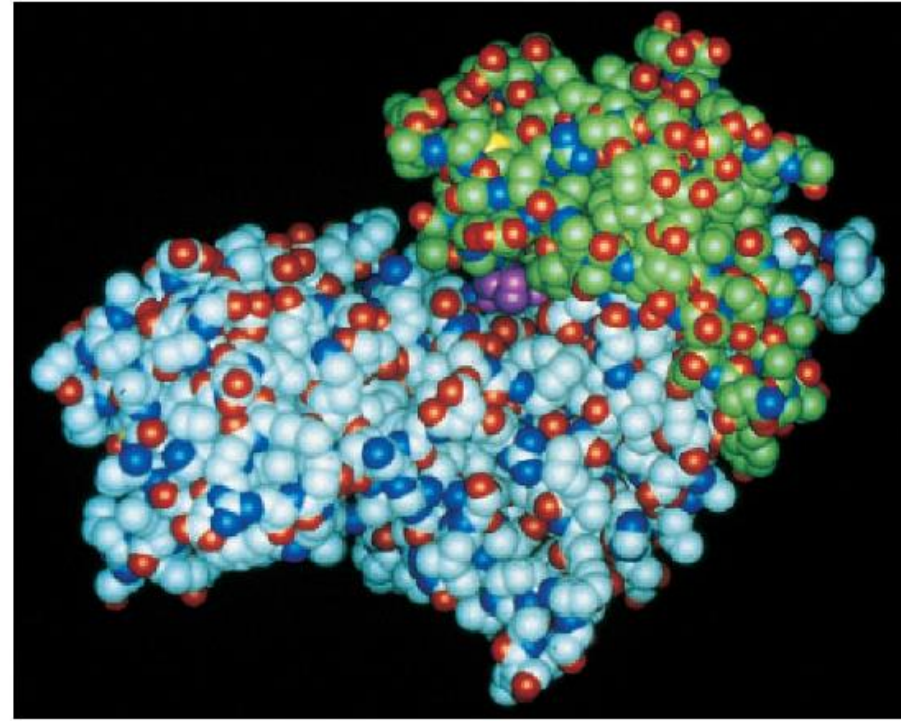
(b)

Figure 8.16 An Example of Enzyme-Substrate Complex Formation. (a) A space-filling model of yeast hexokinase and its substrate glucose (purple). The active site is in the cleft formed by the enzyme's small lobe (green) and large lobe (gray). (b) When glucose binds to form the enzyme-substrate complex, hexokinase changes shape and surrounds the substrate.

مکانیسم Induced fit



(a)



(b)

شکل ۸.۱۶ نمونه‌ای از تشکیل کمپلکس آنزیم-پیش‌ماده. (الف) مدل پرکننده فضا از هگزوکیناز مخمر و گلوکز پیش‌ماده آن (بنفش). محل فعال در شکافی است که توسط لوب کوچک (سبز) و لوب بزرگ (خاکستری) آنزیم تشکیل شده است. (ب) هنگامی که گلوکز برای تشکیل کمپلکس آنزیم-پیش‌ماده متصل می‌شود، هگزوکیناز تغییر شکل می‌دهد و پیش‌ماده را احاطه می‌کند.

آنزیم‌ها

❑ به علت مصرف نشدن آنزیم‌ها، سلول به مقادیر بسیار کم آن‌ها نیاز دارد.

وابسته به ساختار پروتئینی خود

❑ آنزیم‌ها از دیدگاه عملکرد:

نیازمند اجزای غیرپروتئینی

فلزی:

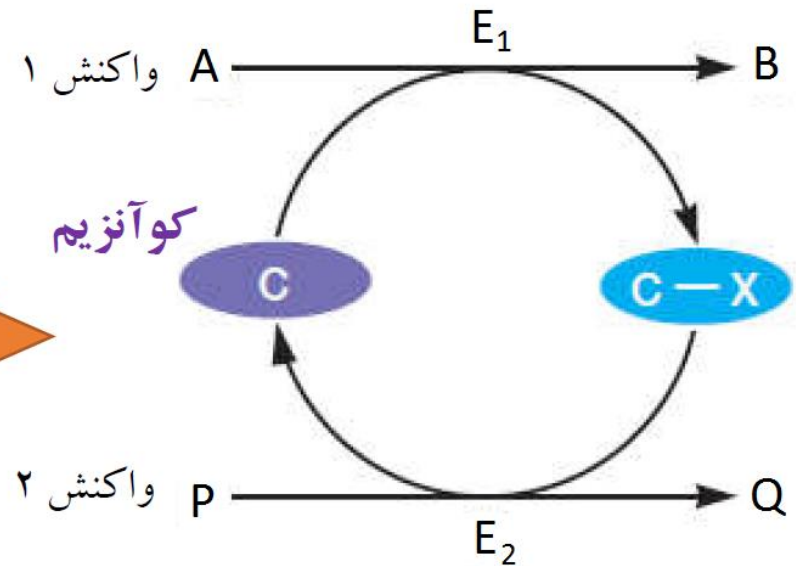
Cofactor

آلی:

Coenzyme

دارای بخشی به نام

ویتامین هستند.



Coenzymes

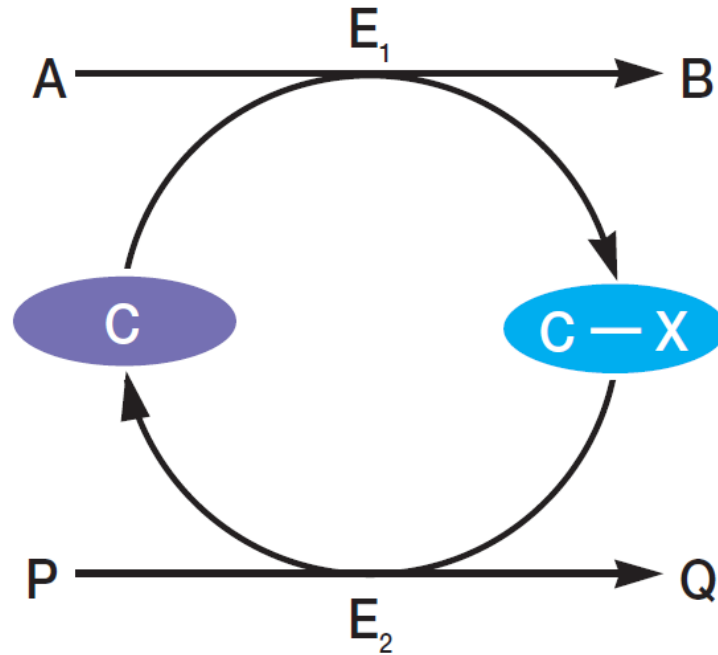
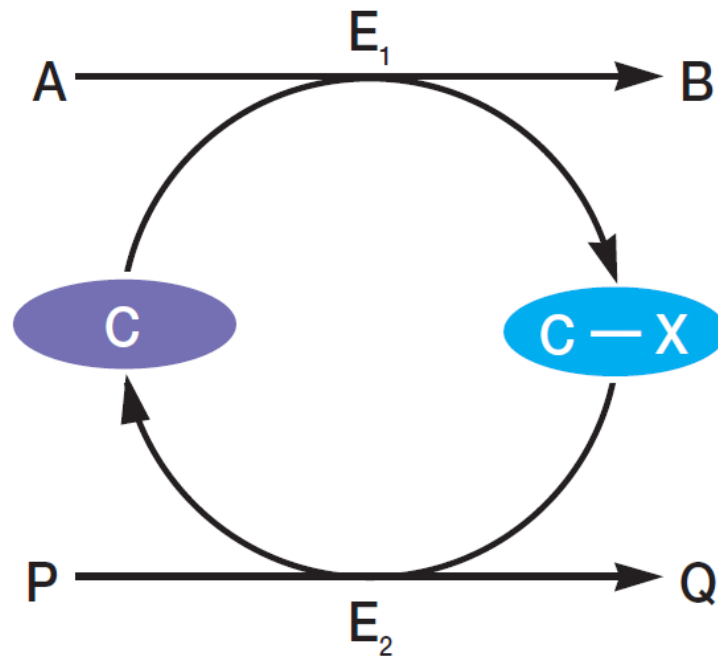


Figure 8.13 Coenzymes as Carriers. The function of a coenzyme in carrying substances around the cell. Coenzyme C participates with enzyme E_1 in the conversion of A to product B. During the reaction, it acquires X from the substrate A. The coenzyme can donate X to substrate P in a second reaction. This will convert it back to its original form, ready to accept another X. The coenzyme is not only participating in both reactions, but is also transporting X to various points in the cell.

Coenzymes



☐ کوآنزیم‌ها به عنوان حامل‌ها.

☐ عملکرد کوآنزیم در حمل مواد در اطراف سلول.

☐ کوآنزیم C با آنزیم E_1 در تبدیل A به فرآورده B شرکت می‌کند.

☐ در طی واکنش، X را از پیش‌ماده A بدست می‌آورد.

☐ کوآنزیم می‌تواند X را در واکنش دوم به پیش‌ماده P اهدا کند.

☐ این امر آن را به شکل اصلی خود تبدیل می‌کند و آماده پذیرش X دیگری است.

☐ کوآنزیم نه تنها در هر دو واکنش شرکت می‌کند، بلکه X را به نقاط مختلف سلول نیز منتقل می‌کند.

آنزیم‌ها

۱- درون سلول

Intracellular (Endoenzymes)

۲- بیرون سلول

Extracellular (Exoenzymes)

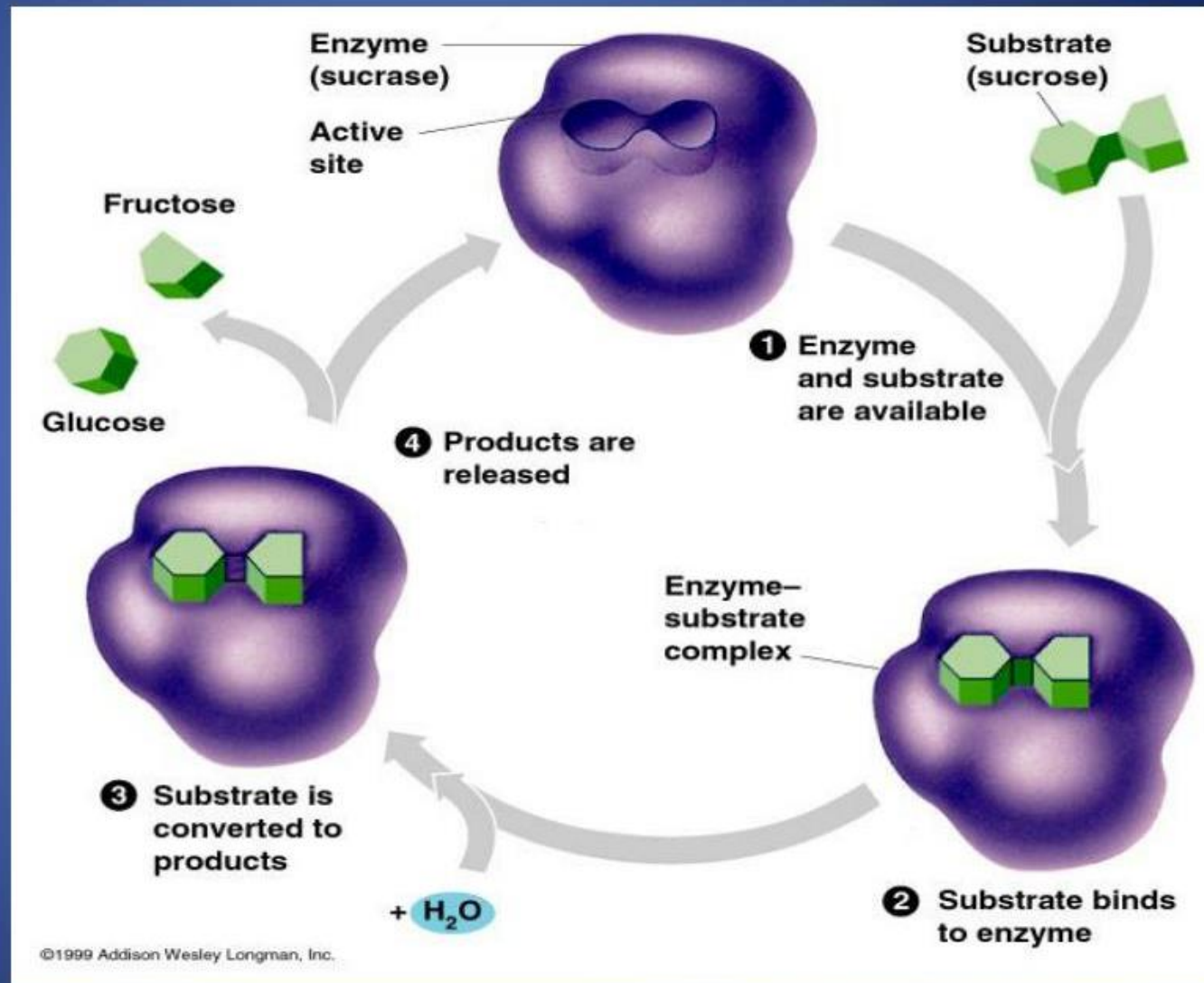
۳- روی دیواره سلول

on the cell wall

□ آنزیم‌ها از دیدگاه

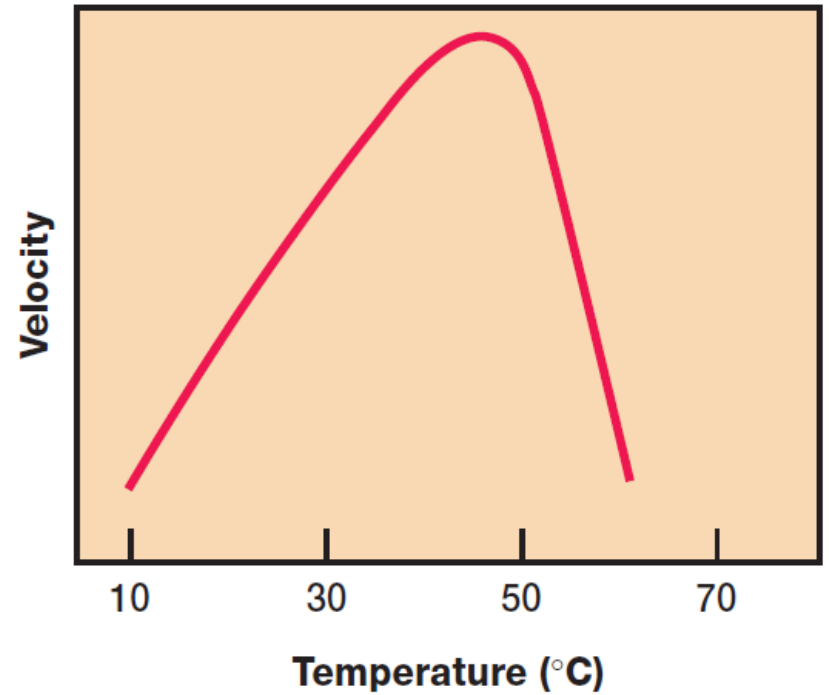
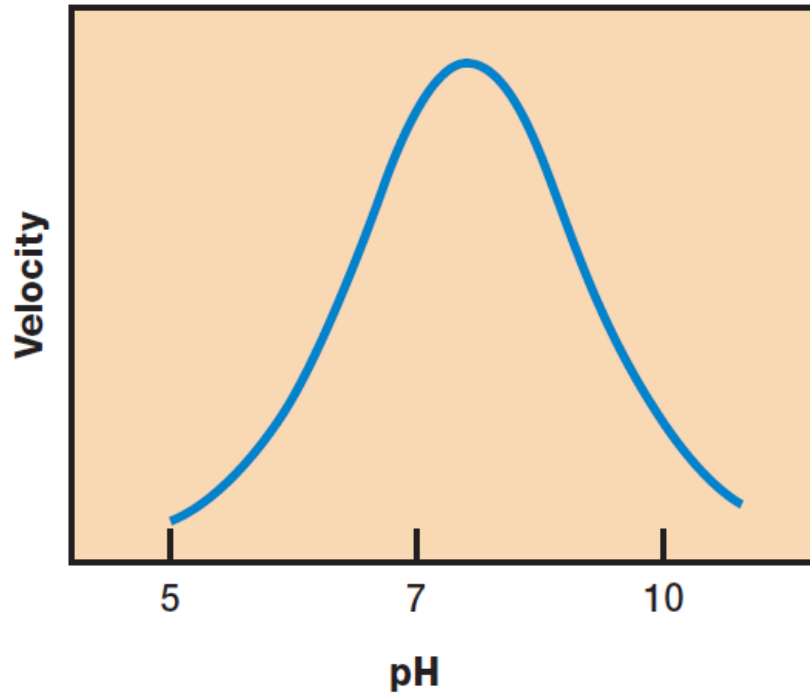
مکان فعالیت:

**Enzyme is
RECYCLED!!
Never used
up or
destroyed**



آنزیم‌ها

□ شرایط مناسب فعالیت آنزیم‌ها



شرایط مناسب فعالیت آنزیم‌ها

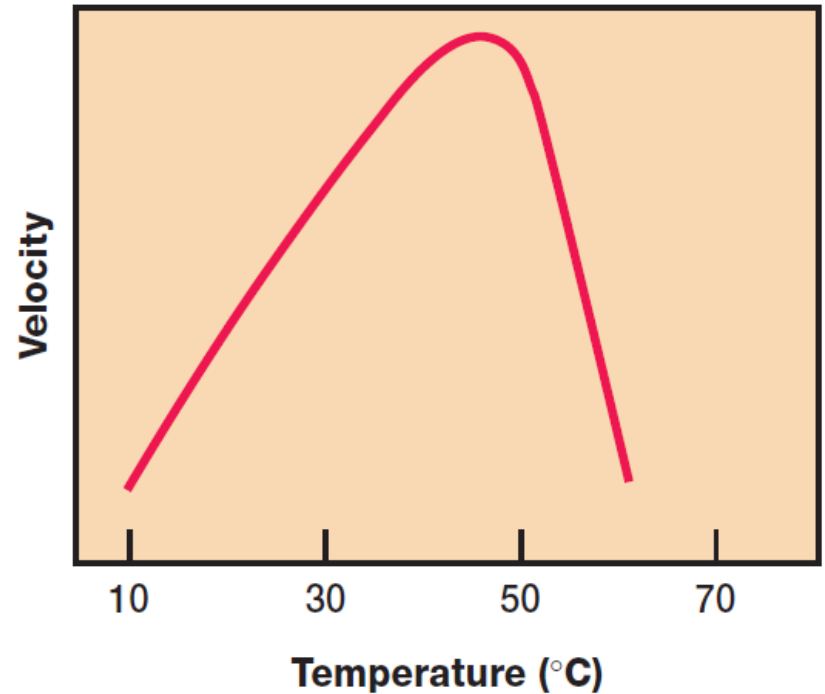
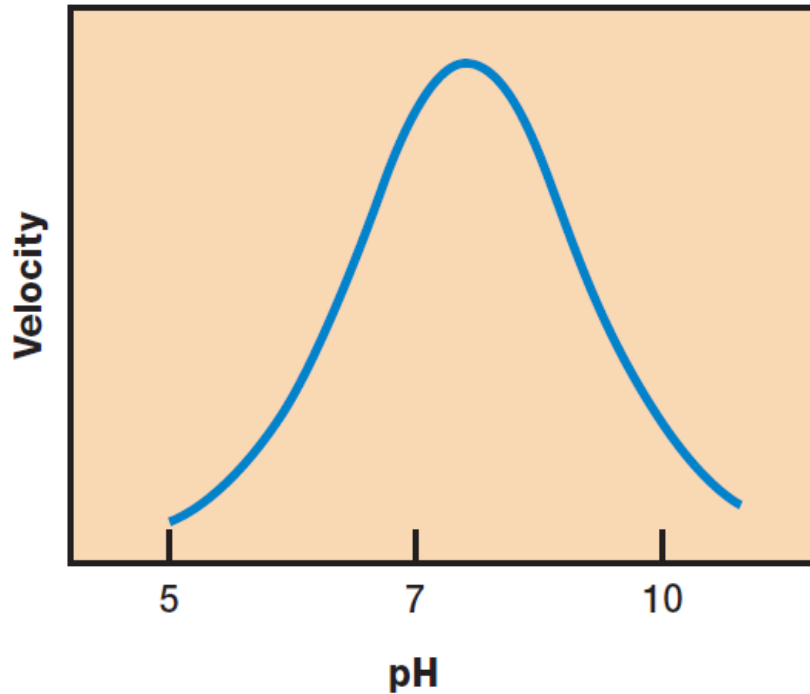
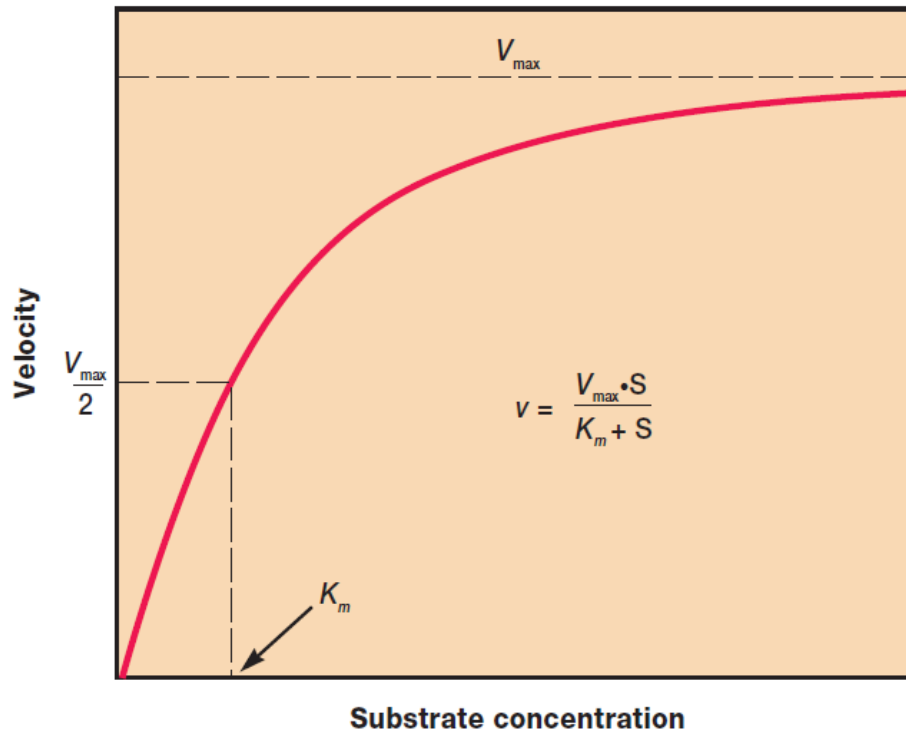


Figure 8.18 pH, Temperature, and Enzyme Activity. The variation of enzyme activity with changes in pH and temperature. The ranges in pH and temperature are only representative. Enzymes differ from one another with respect to the location of their optima and the shape of their pH and temperature curves.

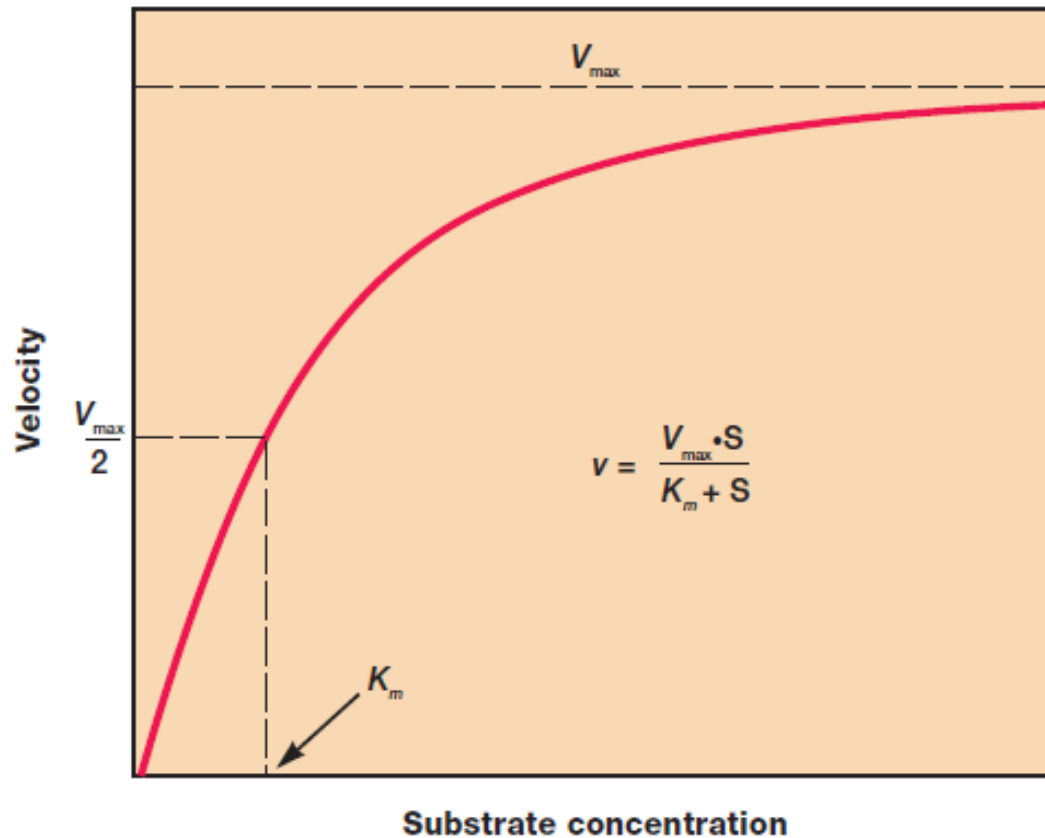
آنزیم‌ها

□ سرعت واکنش‌های آنزیمی:

- ✓ وابسته به غلظت پیش‌ماده است.
- ✓ در غلظت‌های پایین، سرعت با غلظت پیش‌ماده رابطه خطی دارد.
- ✓ در غلظت‌های بالا، سرعت واکنش ثابت می‌شود.



سینتیک واکنش‌های آنزیمی

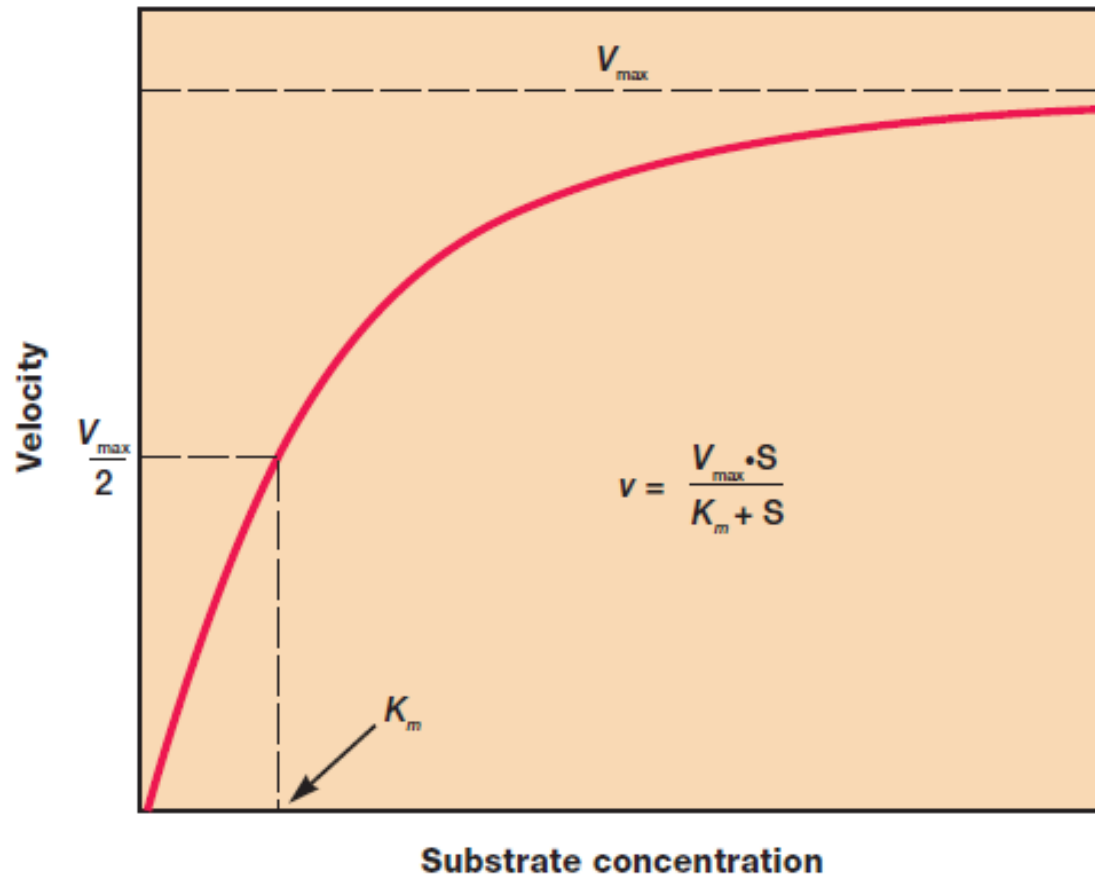


K_m = the substrate concentration required by the enzyme to operate at half its maximum velocity

V_{max} = the rate of product formation when the enzyme is saturated with substrate and operating as fast as possible

Figure 8.17 Michaelis-Menten Kinetics. The dependence of enzyme activity upon substrate concentration. This substrate curve fits the Michaelis-Menten equation given in the figure, which relates reaction velocity (v) to the substrate concentration (S) using the maximum velocity and the Michaelis constant (K_m).

سینتیک واکنش‌های آنزیمی



K_m = the substrate concentration required by the enzyme to operate at half its maximum velocity

V_{max} = the rate of product formation when the enzyme is saturated with substrate and operating as fast as possible

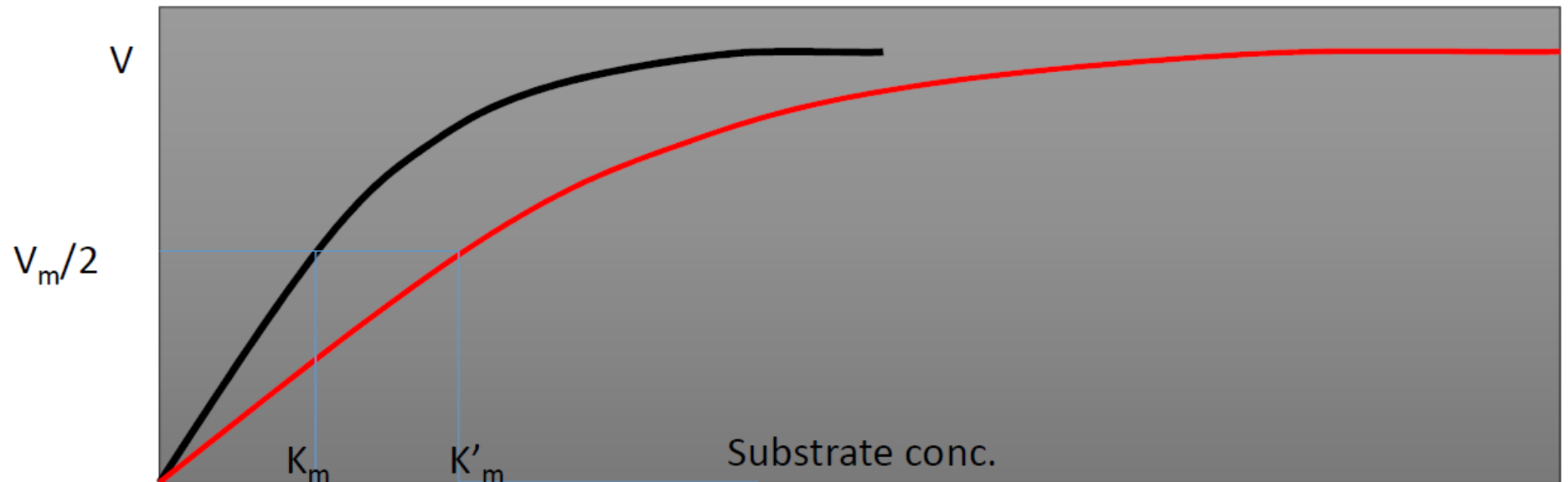
شکل ۸.۱۷ سینتیک

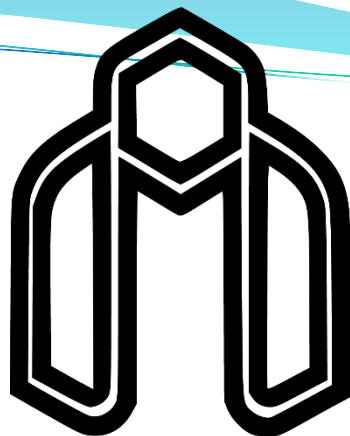
میکائلیس-منتن. وابستگی فعالیت آنزیم به غلظت پیش‌ماده. این منحنی پیش‌ماده با معادله میکائلیس-منتن که در شکل داده شده است، مطابقت دارد که سرعت واکنش (V) را با غلظت پیش‌ماده (S) با استفاده از حداکثر سرعت و ثابت میکائلیس (K_m) مرتبط می‌کند.

آنزیم‌ها

□ سرعت واکنش‌های آنزیمی:

- ✓ اگر K_m کوچک باشد، سرعت ماکزیمم در غلظت کم پیش‌ماده حاصل می‌شود.
(وابستگی V به $S \leftarrow$ بالا)
- ✓ اگر K_m بزرگ باشد، سرعت ماکزیمم در غلظت بالای پیش‌ماده حاصل می‌شود.
(وابستگی V به $S \leftarrow$ کم)





دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه ششم

اصول میکروبیولوژی-۱

سینتیک بازدارندگی آنزیم‌ها (Enzyme inhibition kinetics)

□ مواد شیمیایی بازدارنده

رقابتی (Competitive)

$$v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right) + [S]}$$

به علت افزایش K_m ، شیب افزایش سرعت کم می‌شود، اما افزایش غلظت پیش‌ماده، در نهایت، سرعت را به مقدار ماکزیمم می‌رساند.

غیررقابتی (Non-competitive)

$$v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m + [S]} \times \frac{1}{1 + \frac{[I]}{K_I}}$$

سرعت همواره از سرعت طبیعی کمتر خواهد بود و هیچگاه به سرعت ماکزیمم نمی‌رسد.

بازدارندگی
(Inhibition)

سینتیک بازدارندگی آنزیم‌ها (Enzyme inhibition kinetics)

$$v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right) + [S]} \quad v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m + [S]} \times \frac{1}{1 + \frac{[I]}{K_I}}$$

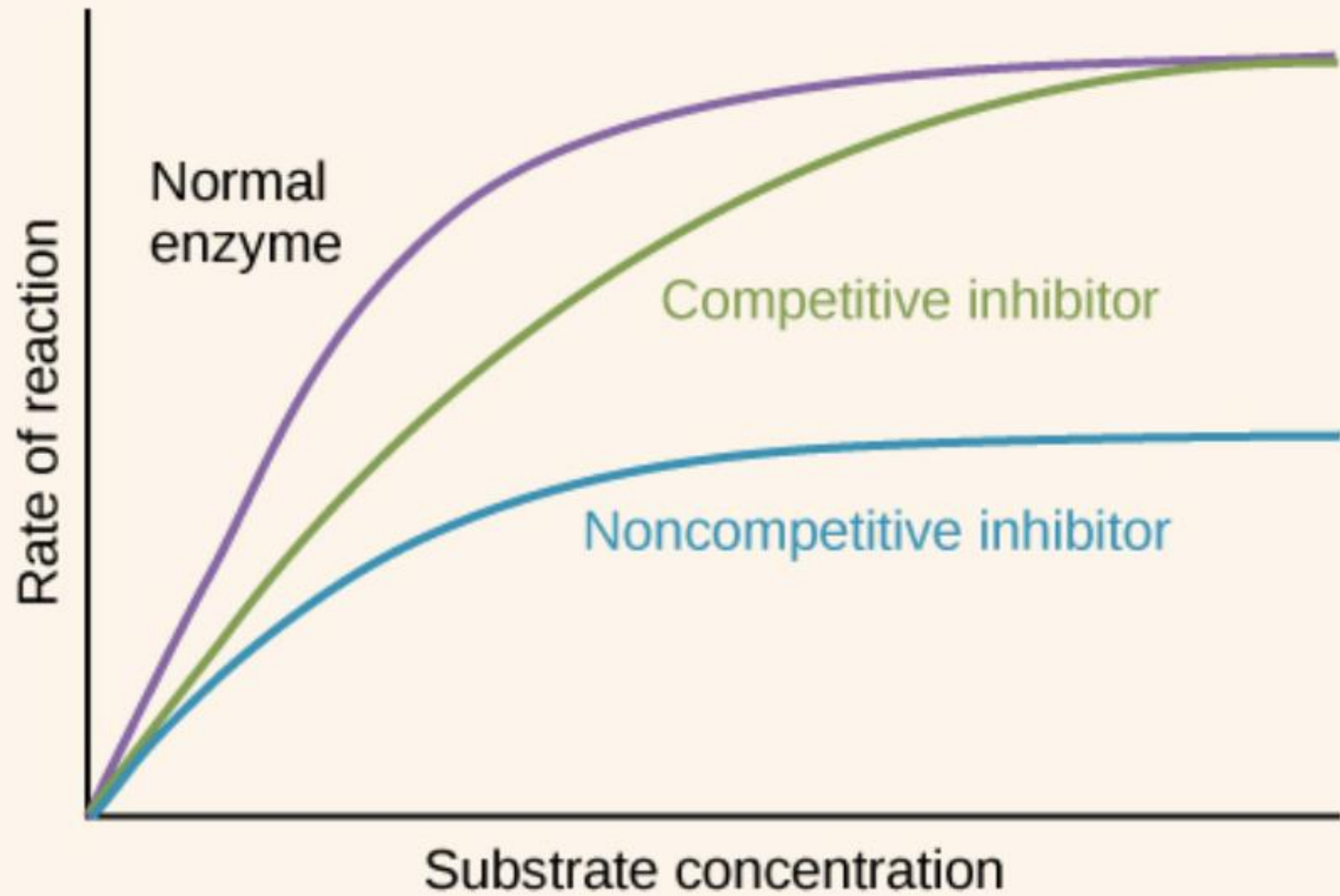
K_m = غلظت پیش‌ماده موردنیاز توسط آنزیم برای عمل کردن در نصف سرعت ماکزیمم

K_I = غلظت بازدارنده موردنیاز توسط آنزیم برای عمل کردن در نصف سرعت ماکزیمم

$[S]$ = غلظت پیش‌ماده

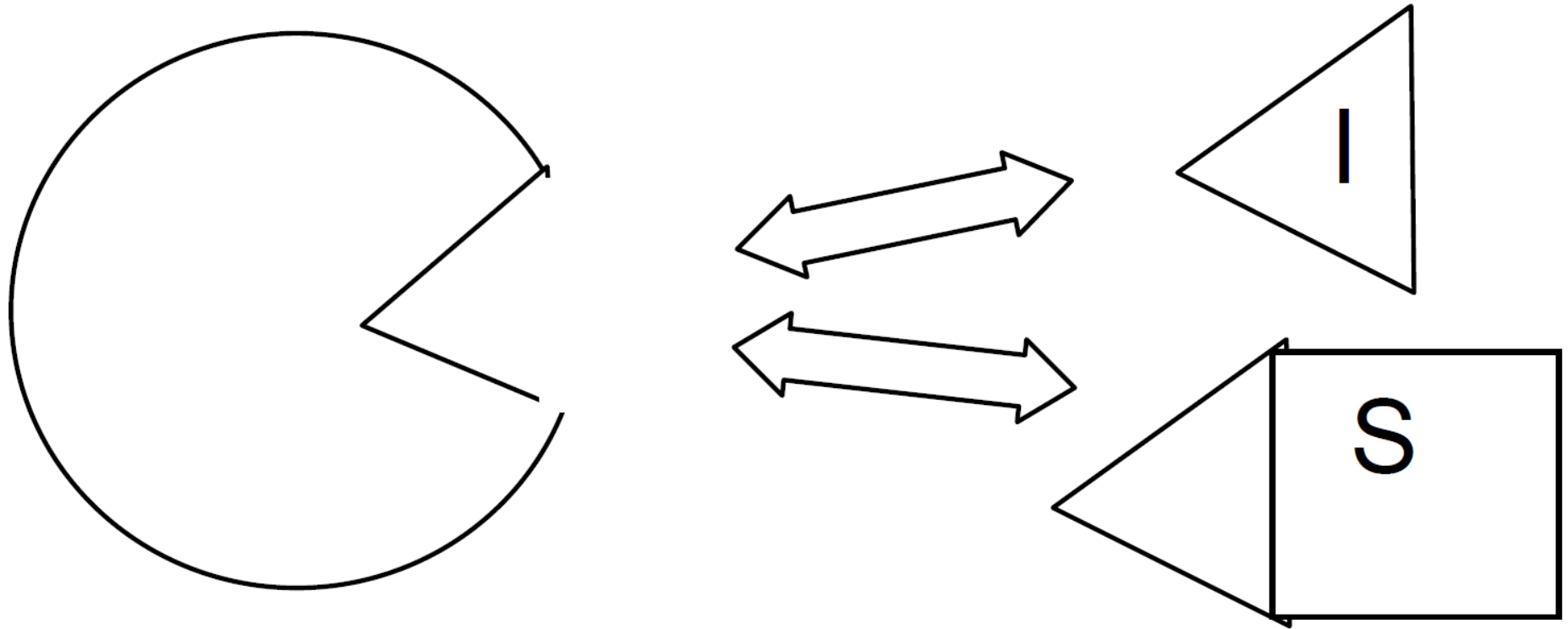
$[I]$ = غلظت بازدارنده

سینتیک بازدارندگی آنزیم‌ها (Enzyme inhibition kinetics)



بازدارندگی رقابتی (Competitive inhibition)

- ❑ Inhibitor binds to the active site, competing with substrate.



❑ بازدارنده به محل فعال متصل می شود و با پیش ماده رقابت می کند.

بازدارندگی رقابتی (Competitive inhibition)

$$v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right) + [S]}$$

v = سرعت (نرخ) واکنش

$V_{\max}$ = نرخ تشکیل محصول زمانی که آنزیم با پیش‌ماده اشباع شده است و همان‌قدر سریع که ممکن است عمل می‌کند.

K_m = غلظت پیش‌ماده موردنیاز توسط آنزیم برای عمل کردن در نصف سرعت ماکزیممش.

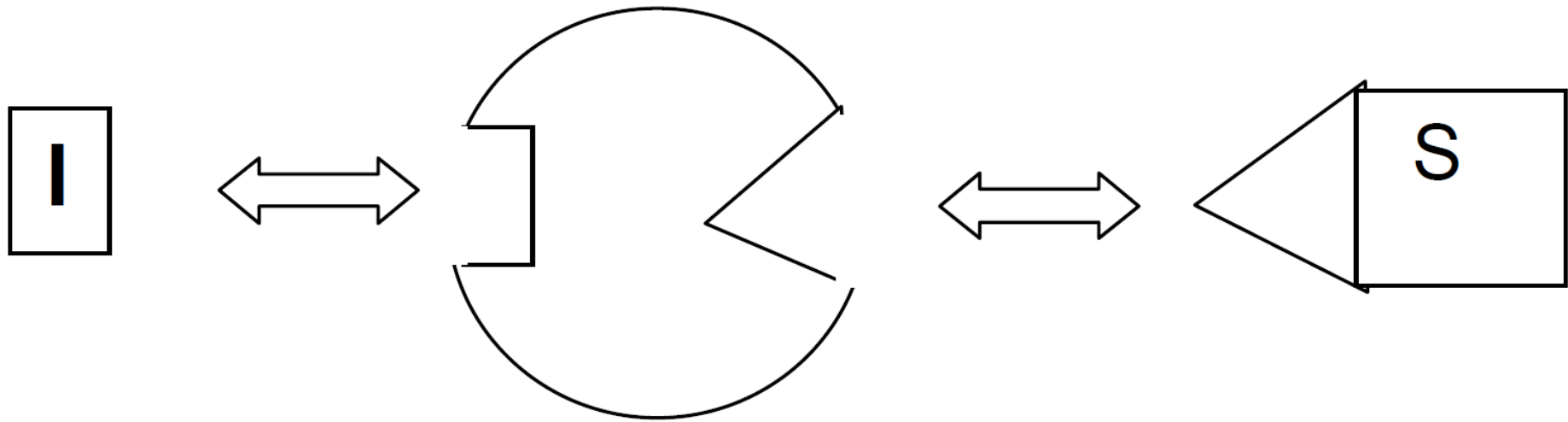
$[S]$ = غلظت پیش‌ماده

$[I]$ = غلظت بازدارنده

K_I = ثابت بازدارنده، نشاندهنده این است که یک بازدارنده چقدر قوی است؛ آن غلظت موردنیاز برای تولید نصف حداکثر بازدارنده است.

بازدارندگی غیررقابتی (Non-competitive inhibition)

- ❑ Inhibitor and substrate bind to different sites.



❑ بازدارنده و پیش ماده به مکان های مختلف متصل می شوند.

بازدارندگی غیررقابتی (Non-competitive inhibition)

$$v = V_{\max} \times \frac{[S]}{K_m + [S]} \times \frac{1}{1 + \frac{[I]}{K_I}}$$

v = سرعت (نرخ) واکنش

$V_{\max}$ = نرخ تشکیل محصول زمانی که آنزیم با پیش‌ماده اشباع شده است و همان‌قدر سریع که ممکن است عمل می‌کند.

K_m = غلظت پیش‌ماده موردنیاز توسط آنزیم برای عمل کردن در نصف سرعت ماکزیمم.

$[S]$ = غلظت پیش‌ماده

$[I]$ = غلظت بازدارنده

K_I = ثابت بازدارنده، نشان‌دهنده این است که یک بازدارنده چقدر قوی است؛ آن غلظت موردنیاز برای تولید نصف حداکثر بازدارنده است.

□ مثال (معادله میکائلیس-منتن) (Michaelis-Menten)

✓ در تجزیه میکروبی پساب سیانیدی یک کارخانه لیچینگ طلا، از آنزیم تولیدشده توسط یک

باکتری استفاده می‌شود. در صورتی که $V_{\max} = 2.5 \frac{\text{mmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$ و $K_m = 8.9 \text{ mM}$ و

$S_0 = 12 \text{ mM}$ باشد، زمان مورد نیاز برای تجزیه ۹۵٪ پساب در یک بیوراکتور چقدر است؟

✓ راه حل:

$$V_{\max} = \left(2.5 \frac{\text{mmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} \right) \left(\frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) = 9 \frac{\text{mmol}}{\text{h} \cdot \text{L}} = 9 \frac{\text{mM}}{\text{h}}$$

$$t_{\text{batch}} = \frac{8.9 \text{ mM}}{9 \frac{\text{mM}}{\text{h}}} \ln \frac{12}{0.6} + \frac{(0.95)(12)}{9} = 4.23 \text{ h}$$

ENZYME REACTION KINETICS (t_{batch})

BIOCHEMICAL ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY (GHASEM D. NAJAFPOUR)

$$t_{\text{batch}} = \frac{K_m}{v_{\text{max}}} \ln \frac{S_0}{S_f} + \frac{(S_0 - S_f)}{v_{\text{max}}} \quad (5.7.10)$$

where S_0 is the initial substrate concentration in g/L, and S_f is the final substrate concentration in g/L.

Solution

$$V_{\text{max}} = \left(2.5 \frac{\text{mmol}}{\text{m}^3 \text{s}} \right) \left(\frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) = 9 \frac{\text{mmol}}{\text{h L}}$$

$$t_{\text{batch}} = \frac{8.9 \text{ mM}}{9 \text{ mM/h}} \ln \frac{12}{0.6} + \frac{(0.95)(12)}{9} = 4.23 \text{ h}$$

تأمین انرژی

□ فعالیت‌های (اثر) انرژی بر یک سلول زنده

✓ فعالیت‌های شیمیایی (اثر شیمیایی) (Chemical work)

✓ فعالیت‌های انتقالی (اثر انتقالی) (Transport work)

✓ فعالیت‌های حرکتی (اثر مکانیکی) (Mechanical work)

کاتابولیسم (Catabolism)

آنابولیسم (Anabolism)

□ متابولیسم (Metabolism)

متابولیسم (سوخت و ساز) (Metabolism)

❑ واژه مصوب: دگرگشت

❑ تعریف: مجموعه تغییرات فیزیکی - شیمیایی ترکیبی و تخریبی در موجودات

زنده

کاتابولیسم (فروگشت) (Catabolism): واکنش‌هایی که باعث شکسته شدن ترکیبات آلی در سلول زنده می‌شوند و معمولاً انرژی را هستند.

آنابولیسم (فراگشت) (Anabolism): سوخت و سازت بافت‌ساز، فراگوهرش (تبدیل خوراک به بافت در جانداران و گیاهان)، مرحله‌ای که در آن عملیات سازندگی صورت می‌گیرد.

Metabolism, Catabolism, and Anabolism

Metabolism is the process by which your body converts what you eat and drink into energy. During this complex process, calories in food and beverages are combined with oxygen to release the energy your body needs to function.

Catabolism, the sequences of enzyme-catalyzed reactions by which relatively large molecules in living cells are broken down, or degraded. Part of the chemical energy released during catabolic processes is conserved in the form of energy-rich compounds (e.g., adenosine triphosphate [ATP]). tricarboxylic acid cycle.

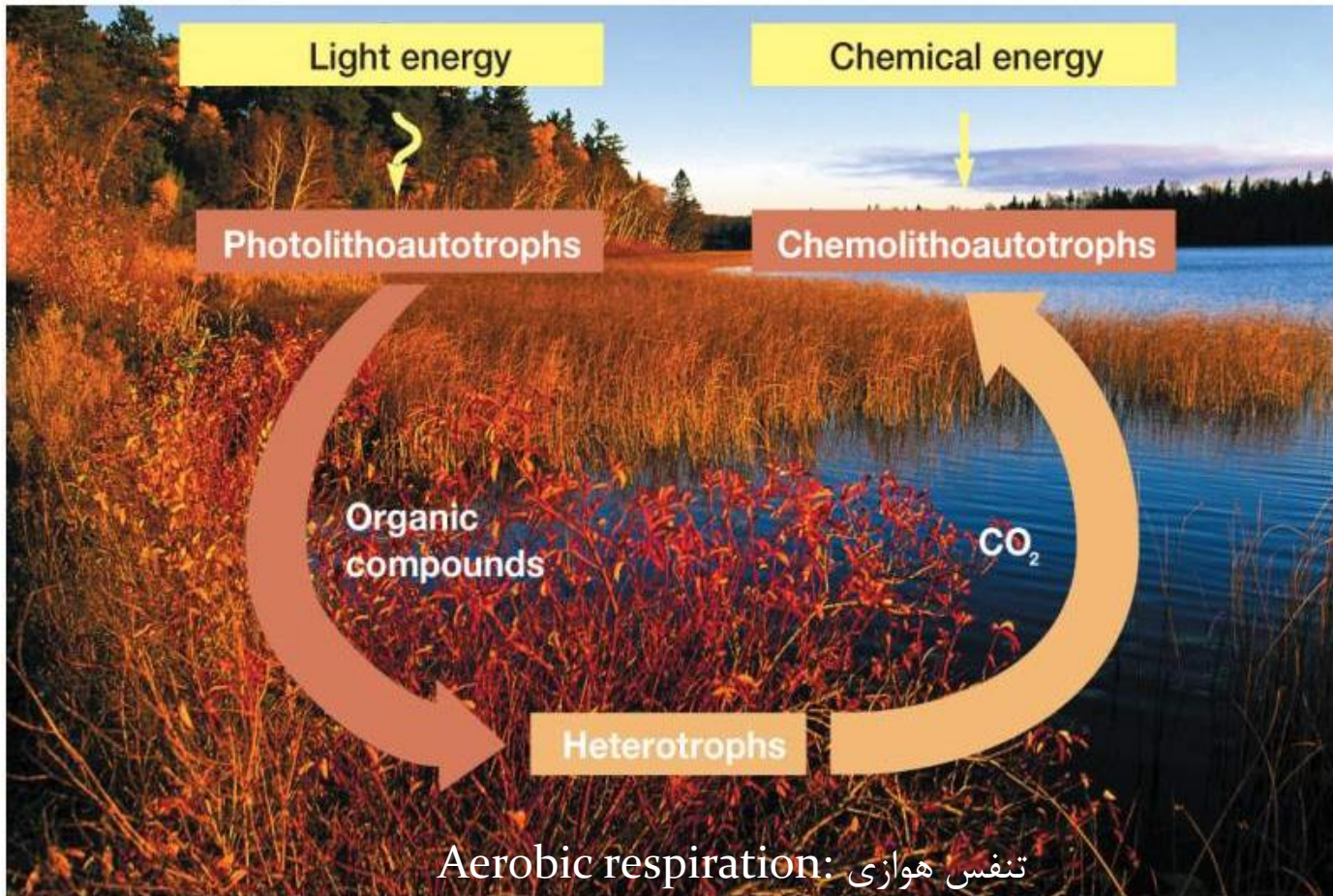
Anabolism

/əˈnabəlɪz(ə)m/

The synthesis of complex molecules in living organisms from simpler ones together with the storage of energy; constructive metabolism.

تأمین انرژی - چرخه کربن و انرژی (Carbon and energy cycle)

Flow of carbon and energy in an ecosystem



The processes used by organisms to obtain energy and to do chemical work are the basis of the functioning of ecosystems.

در حضور اکسیژن (گیرنده الکترون) گلوکز را به دی‌اکسید کربن تجزیه می‌کنند.

انتقال الکترون

□ انتقال دهنده‌های الکترون:

■ به آسانی (آزادانه) (*freely*) به داخل سیتوپلاسم سلول می‌روند.

✓ NAD^+ : در واکنش‌های تولید انرژی (Catabolism)

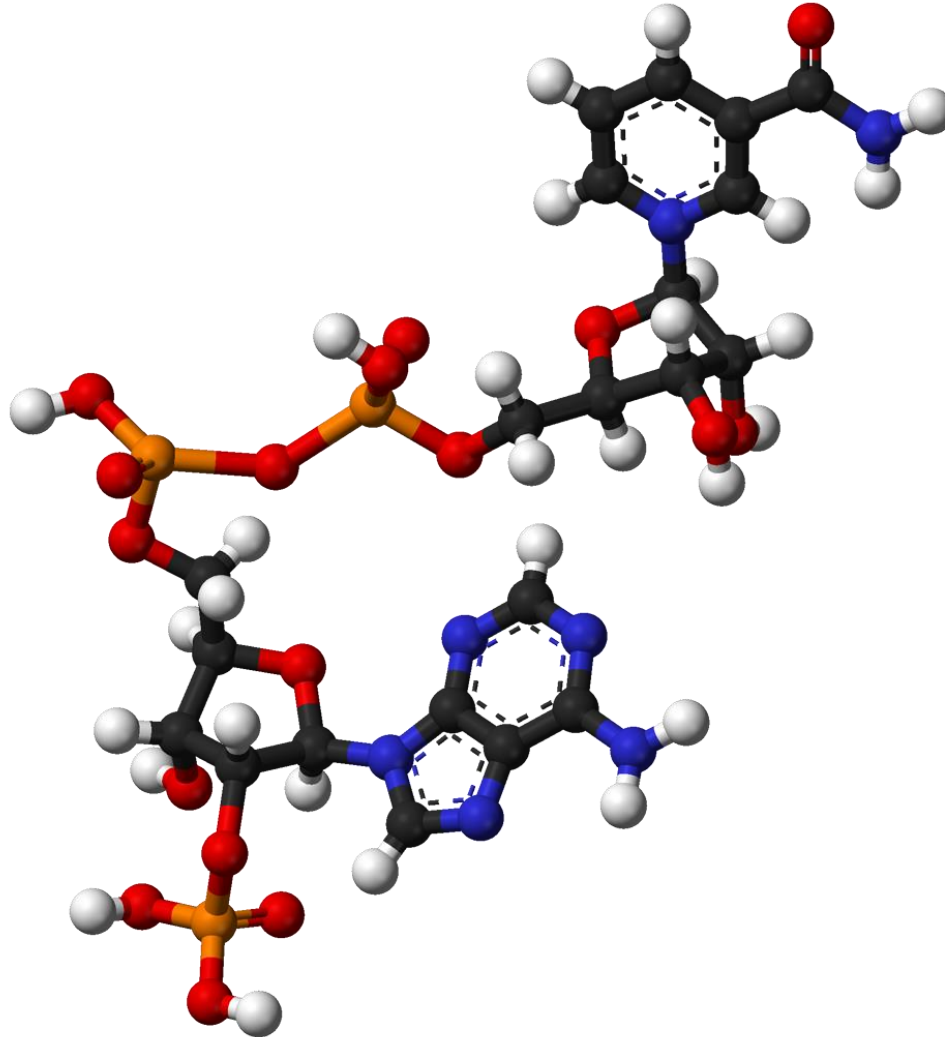
✓ NADP^+ : در واکنش‌های بیوسنتز (Anabolism)

■ به آنزیم‌های سطح غشاء می‌چسبند.

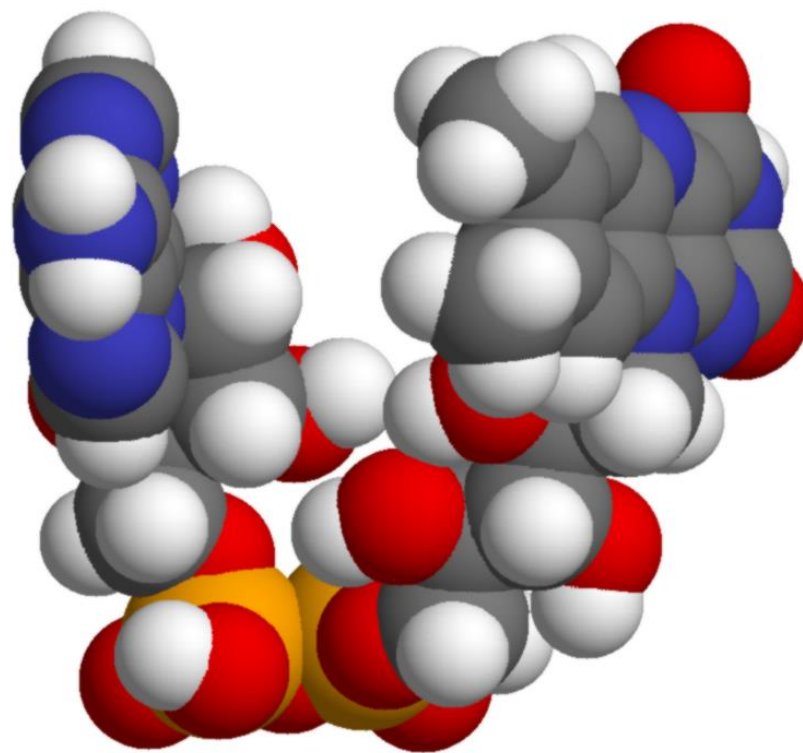
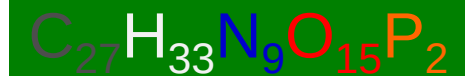
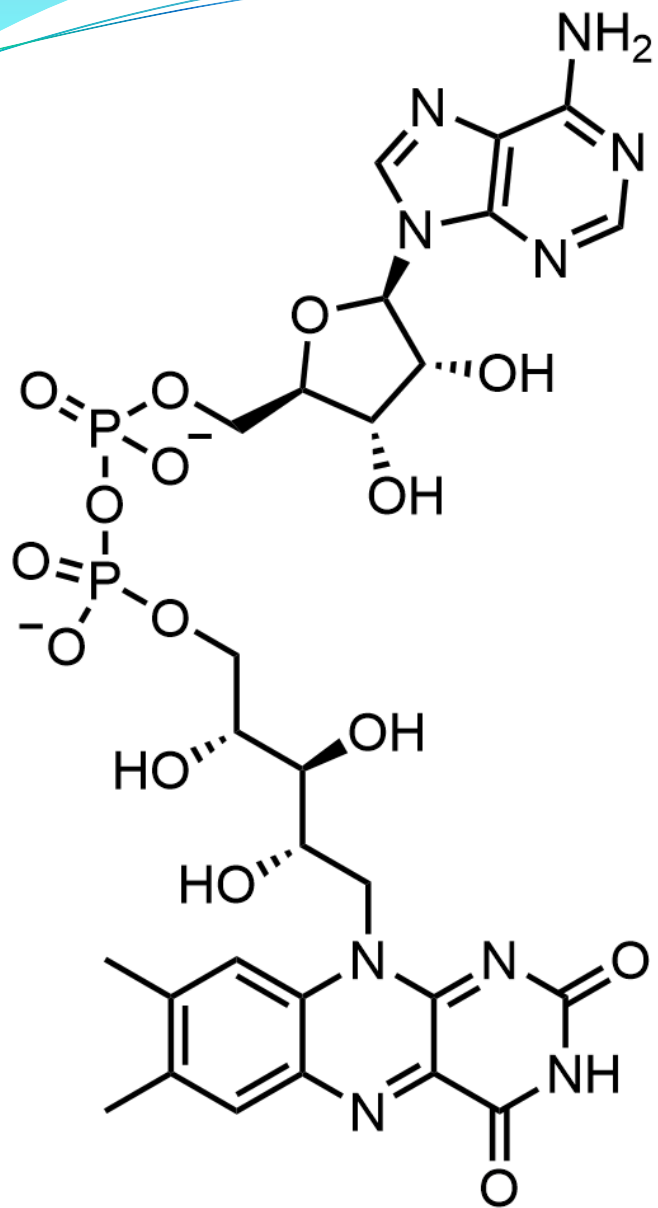
- ✓ NADH
- ✓ Flavo-proteins (flavin adenine dinucleotide) (FAD)
- ✓ Cytochromes
- ✓ Quinones

NADP⁺

☐ Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate



Flavin adenine dinucleotide (FAD)



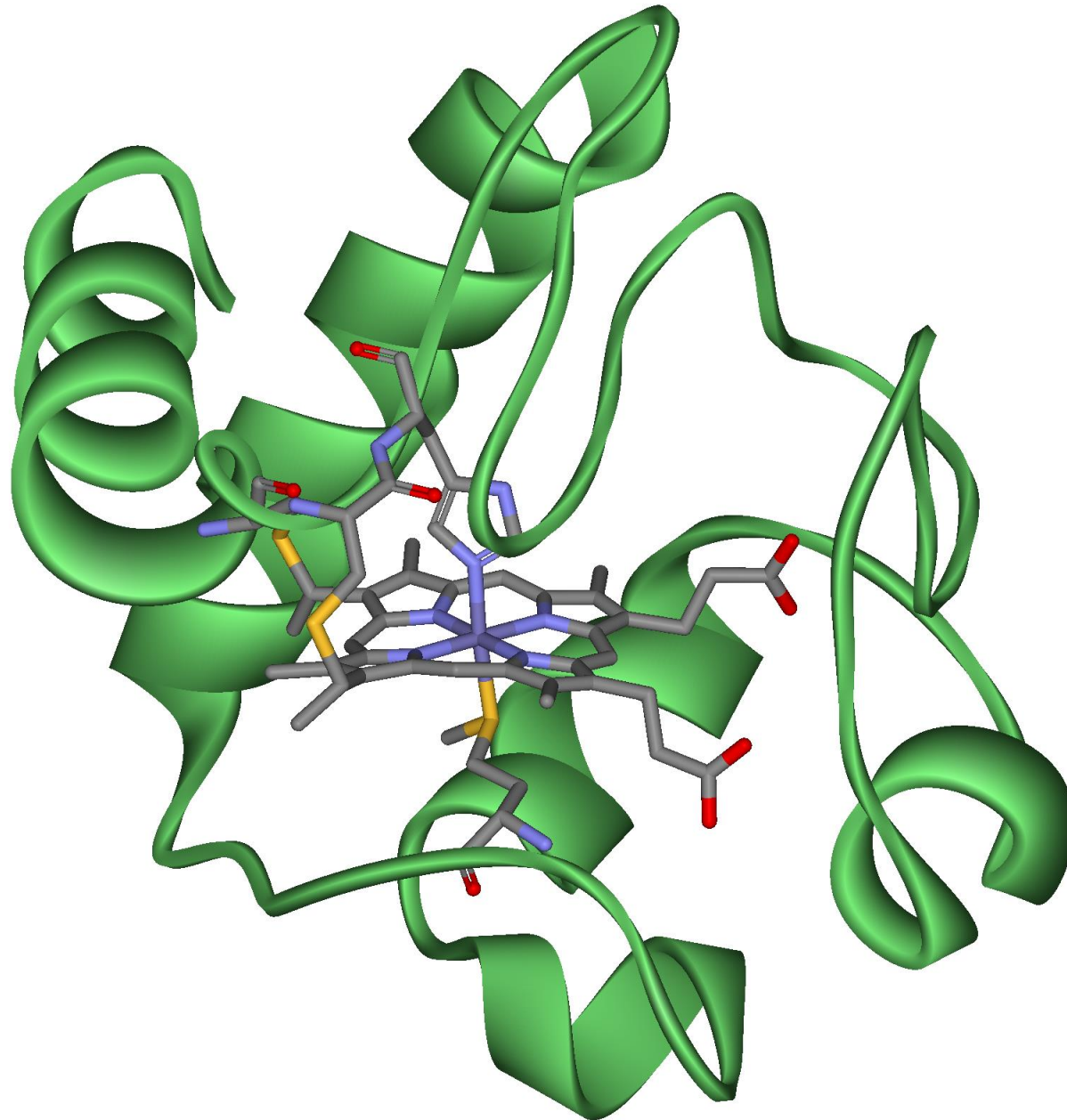
Cytochromes

- ❑ Cytochromes are redox-active proteins containing a heme, with a central Fe atom at its core, as a cofactor.
- ❑ They are involved in electron transport chain and redox catalysis.
- ❑ They are classified according to the type of heme and its mode of binding.

- ❑ سیتوکروم‌ها پروتئین‌های فعال-ردوکس (اکسایش کاهش) هستند که حاوی یک خونرنگزا هستند و یک اتم آهن مرکزی در هسته آن به عنوان کوفاکتور می‌باشد.
- ❑ آن‌ها در زنجیره انتقال الکترون و کاتالیز ردوکس نقش دارند.
- ❑ آن‌ها بر اساس نوع خونرنگزا و نحوه اتصال آن طبقه‌بندی می‌شوند.

خونرنگزا، هم (رنگیزه آهن‌دار به فرمول $C_{34}H_{32}O_4N_4Fe$ که بخشی از هموگلوبین است): **heme**

Cytochrome c with heme c



Major hemes

❑ There are several biologically important kinds of heme:

	Heme A	Heme B	Heme C	Heme O
Chemical formula	$C_{49}H_{56}O_6N_4Fe$	$C_{34}H_{32}O_4N_4Fe$	$C_{34}H_{36}O_4N_4S_2Fe$	$C_{49}H_{58}O_5N_4Fe$

Four types of cytochromes are distinguished by their prosthetic groups:

Type	Prosthetic group
Cytochrome a	heme A
Cytochrome b	heme B
Cytochrome c	heme C (covalently bound heme b)
Cytochrome d	heme D (Heme B with γ -spirolactone)

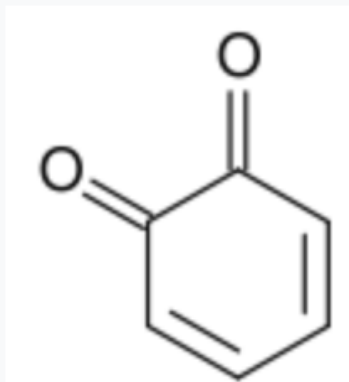
Quinone

- quinone, any member of a class of cyclic organic compounds containing two carbonyl groups, $>C=O$, either adjacent or separated by a vinylenic group, $—CH=CH—$, in a six-membered unsaturated ring.
- In a few quinones, the carbonyl groups are located in different rings.

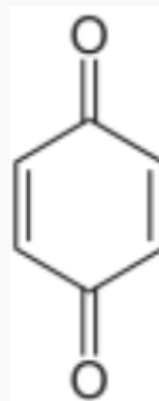
□ کینون، هر عضوی از یک کلاس از ترکیبات آلی حلقوی حاوی دو گروه کربونیل، $>C=O$ ، مجاور یا جدا شده توسط یک گروه وینیلن، $—CH=CH—$ ، در یک حلقه غیر اشباع شش عضوی.

□ در چند کینون، گروه‌های کربونیل در حلقه‌های مختلفی قرار دارند.

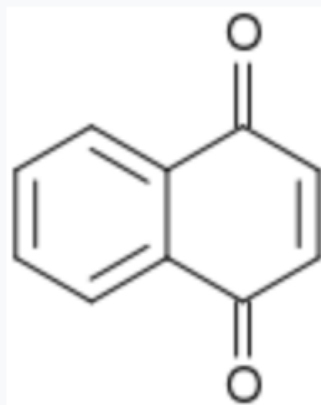
Quinone



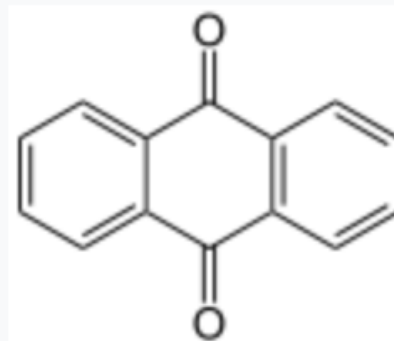
1,2-Benzoquinone



1,4-Benzoquinone



1,4-Naphthoquinone



9,10-Anthraquinone

انتقال الكترول

□ انتقال الكترول توسط NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide) و

(Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) NADP

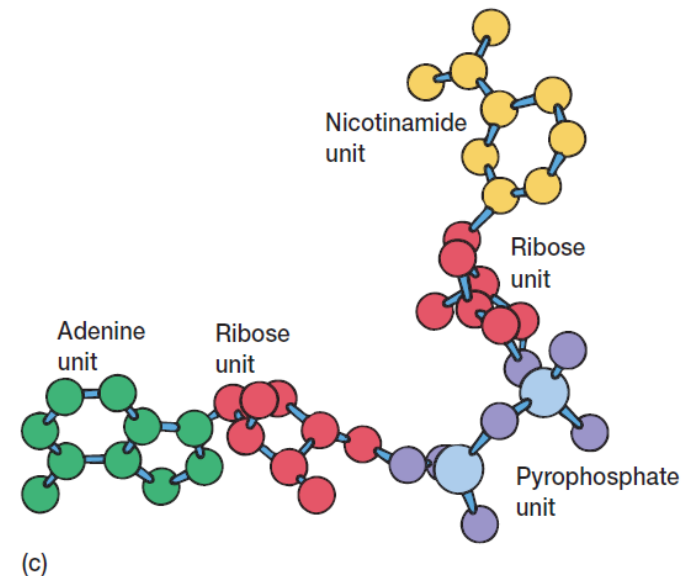
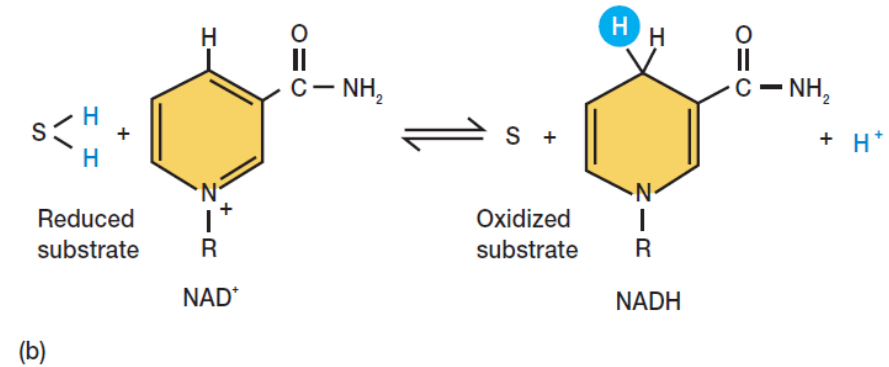
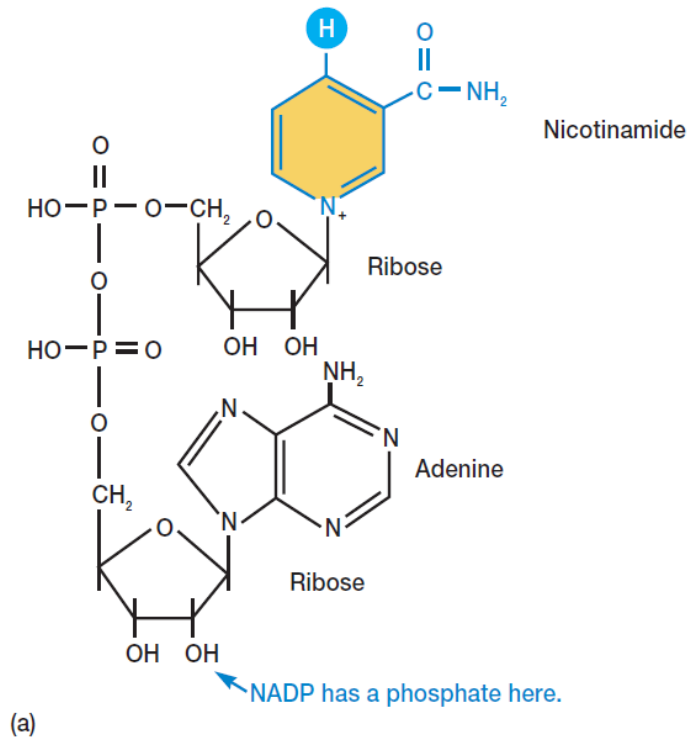
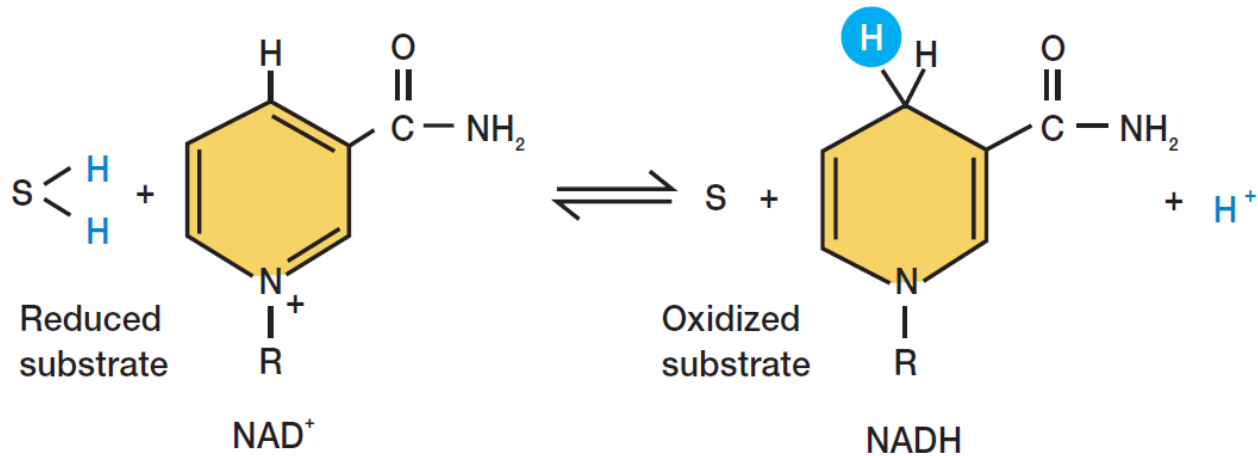


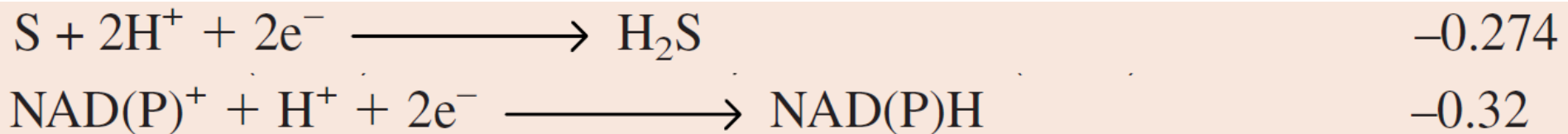
Figure 8.9 The Structure and Function of NAD. (a) The structure of NAD and NADP. NADP differs from NAD in having an extra phosphate on one of its ribose sugar units. (b) NAD can accept electrons and a hydrogen from a reduced substrate (SH_2). These are carried on the nicotinamide ring. (c) Model of NAD^+ when bound to the enzyme lactate dehydrogenase.

انتقال الكترون

□ مثالی از یک واکنش اکسیداسیون



$$\Delta G^{\circ'} = -nF \cdot \Delta E'_0$$



Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)

یوکاریوتها (Eukaryotes)

- ❑ The $\Delta G^{\circ'}$ of the reaction is directly related to the magnitude of the difference between the reduction potentials of the two couples ($\Delta E'_{\circ}$).
- ❑ The larger the $\Delta E'_{\circ}$, the greater the amount of free energy made available, as is evident from the equation

$$\Delta G^{\circ'} = -nF \cdot \Delta E'_{\circ}$$

- ❑ in which n is the number of electrons transferred and F is the Faraday constant (23,062 cal/mole-volt or 96,494 J/mole-volt).
- ❑ For every 0.1 volt change in $\Delta E'_{\circ}$, there is a corresponding 4.6 kcal change in $\Delta G^{\circ'}$ when a two-electron transfer takes place.
- ❑ This is similar to the relationship of $\Delta G^{\circ'}$ and K_{eq} in other chemical reactions—the larger the equilibrium constant, the greater the $\Delta G^{\circ'}$.

Important Redox Couples

Table 8.1 Selected Biologically Important Redox Couples

Redox Couple	E'_0 (Volts) ^a
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$	-0.42
Ferredoxin(Fe^{3+}) + $\text{e}^- \longrightarrow$ ferredoxin (Fe^{2+})	-0.42
$\text{NAD(P)}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NAD(P)H}$	-0.32
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{S}$	-0.274
Acetaldehyde + $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow$ ethanol	-0.197
Pyruvate ²⁻ + $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow$ lactate ²⁻	-0.185
$\text{FAD} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{FADH}_2$	-0.18 ^b
Oxaloacetate ²⁻ + $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow$ malate ²⁻	-0.166
Fumarate ²⁻ + $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow$ succinate ²⁻	0.031
Cytochrome <i>b</i> (Fe^{3+}) + $\text{e}^- \longrightarrow$ cytochrome <i>b</i> (Fe^{2+})	0.075
Ubiquinone + $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow$ ubiquinol	0.10
Cytochrome <i>c</i> (Fe^{3+}) + $\text{e}^- \longrightarrow$ cytochrome <i>c</i> (Fe^{2+})	0.254
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	0.421
$\text{NO}_2^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	0.44
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.771
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	0.815

^a E'_0 is the standard reduction potential at pH 7.0.

^bThe value for FAD/FADH₂ applies to the free cofactor because it can vary considerably when bound to an apoenzyme.

□ مثالی از یک واکنش احیا:

□ The NAD^+/NADH couple has a very negative E'_0 and can therefore give electrons to many acceptors, including O_2 .



Because NAD^+/NADH is more negative than $1/2 \text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, electrons will flow from NADH (the reductant) to O_2 (the oxidant) as shown in figure 8.7.

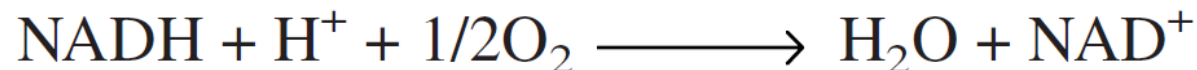
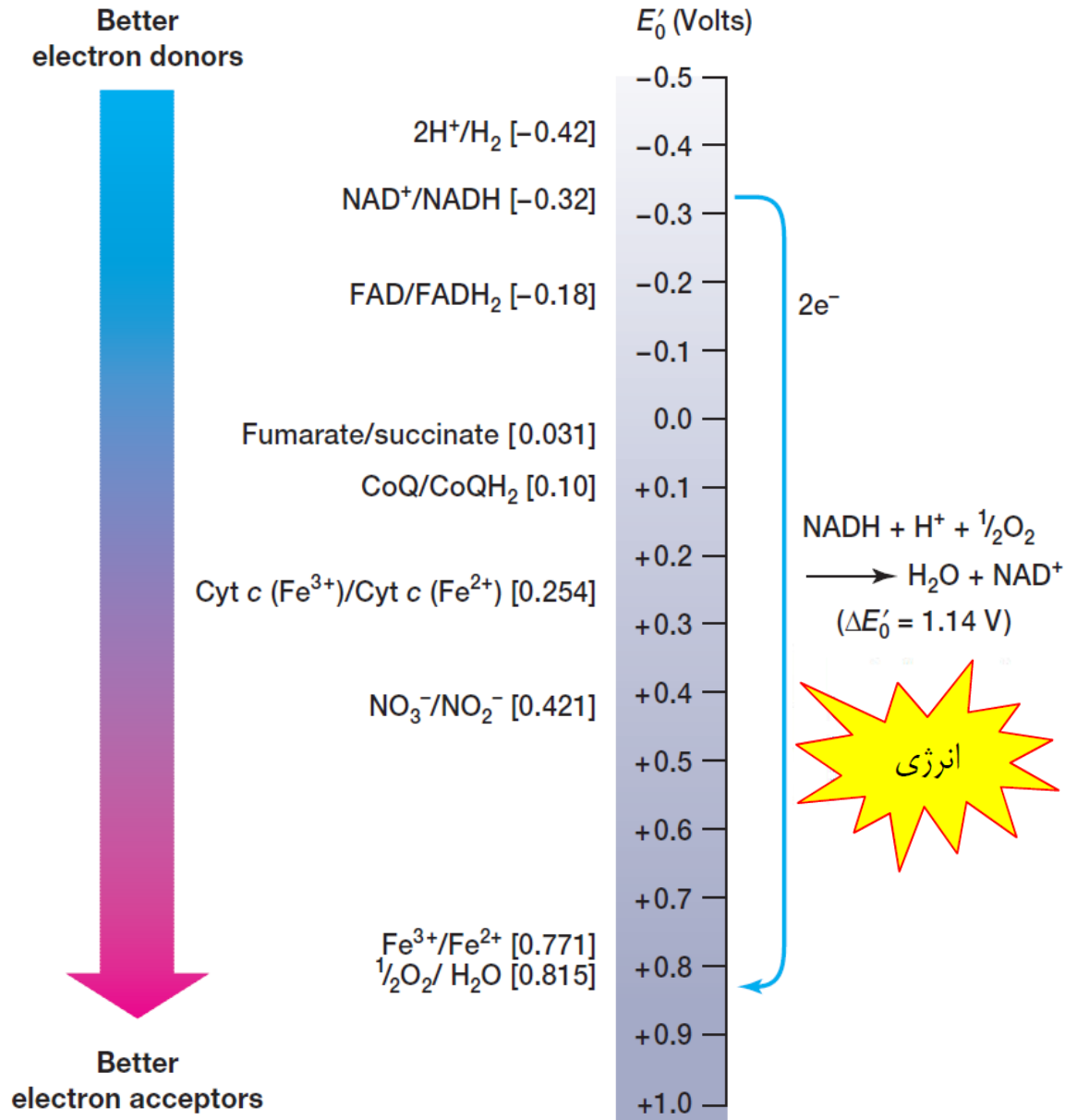


Figure 8.7 Electron Movement and Reduction Potentials.



یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

- ❑ Figure 8.7 Electron Movement and Reduction Potentials.
- ❑ The vertical electron tower in this illustration has the most negative reduction potentials at the top.
- ❑ Electrons will spontaneously move from donors higher on the tower (more negative potentials) to acceptors lower on the tower (more positive potentials).
- ❑ That is, the reductant is always higher on the tower than the oxidant.
- ❑ For example, NADH will donate electrons to oxygen and form water in the process.
- ❑ Some typical donors and acceptors are shown on the left, and their redox potentials are given in brackets.

❑ شکل ۷-۸ حرکت الکترون‌ها و پتانسیل‌های کاهش.

❑ برج الکترونی عمودی در این تصویر بیشترین پتانسیل کاهش منفی را در بالا دارد.

❑ الکترون‌ها به‌طورخودبه‌خود از اهداکنندگان بالاتر برج (پتانسیل‌های منفی بیشتر) به گیرنده‌های پایین‌تر روی برج (پتانسیل‌های مثبت بیشتر) حرکت می‌کنند.

❑ یعنی احیاکننده همیشه روی برج بالاتر از اکسیدکننده است.

❑ به عنوان مثال، NADH الکترون‌ها را به اکسیژن اهدا می‌کند و در این فرآیند آب تشکیل می‌دهد.

❑ برخی از اهداکنندگان و پذیرندگان متداول در سمت چپ نشان داده شده‌اند و پتانسیل‌های ردوکس آن‌ها در براکت آورده شده است.

انتقال الكترون

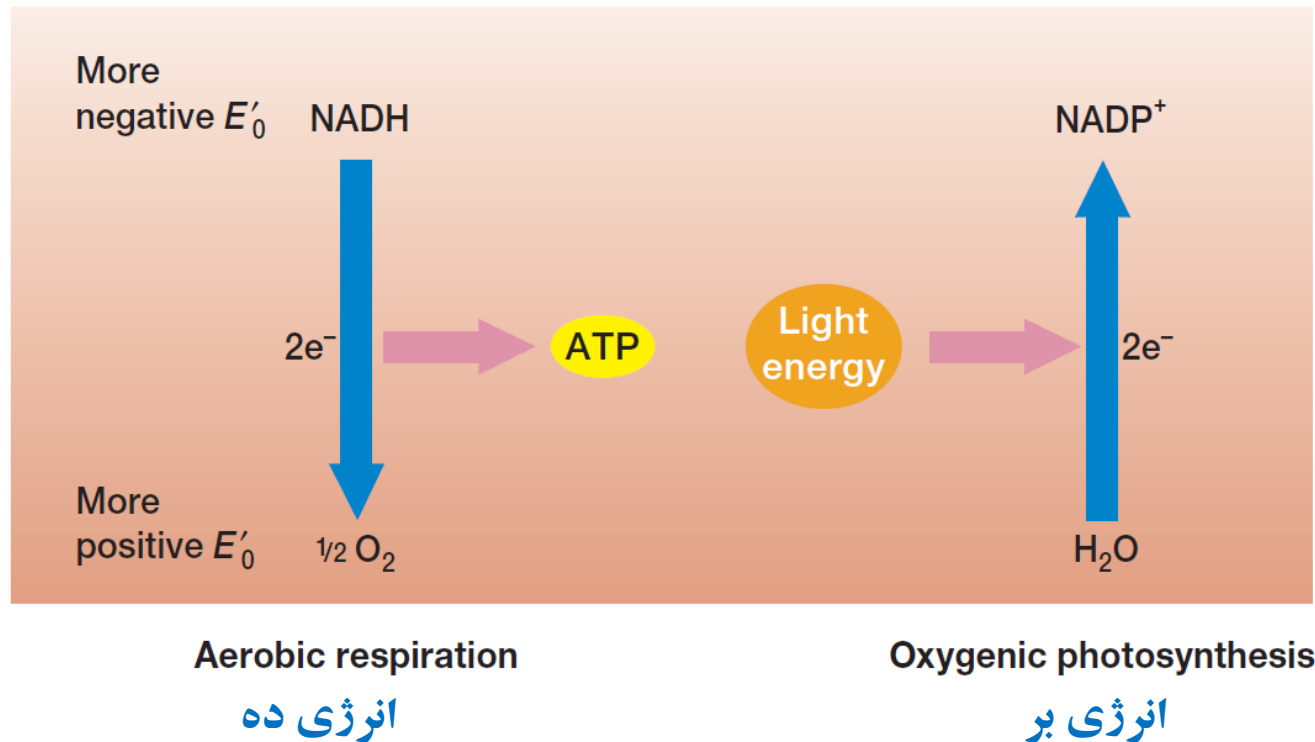
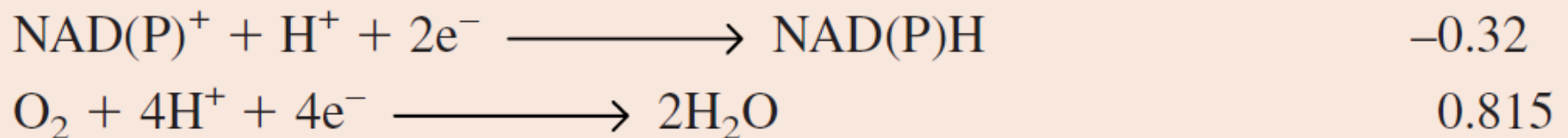


Figure 8.8 Energy Flow in Metabolism. Examples of the relationship between electron flow and energy in metabolism. Oxygen and $NADP^+$ serve as electron acceptors for NADH and water, respectively.



انتقال انرژی

تمام میکروارگانیسم‌ها انرژی خود را از اکسیداسیون و احیاء تأمین می‌کنند.

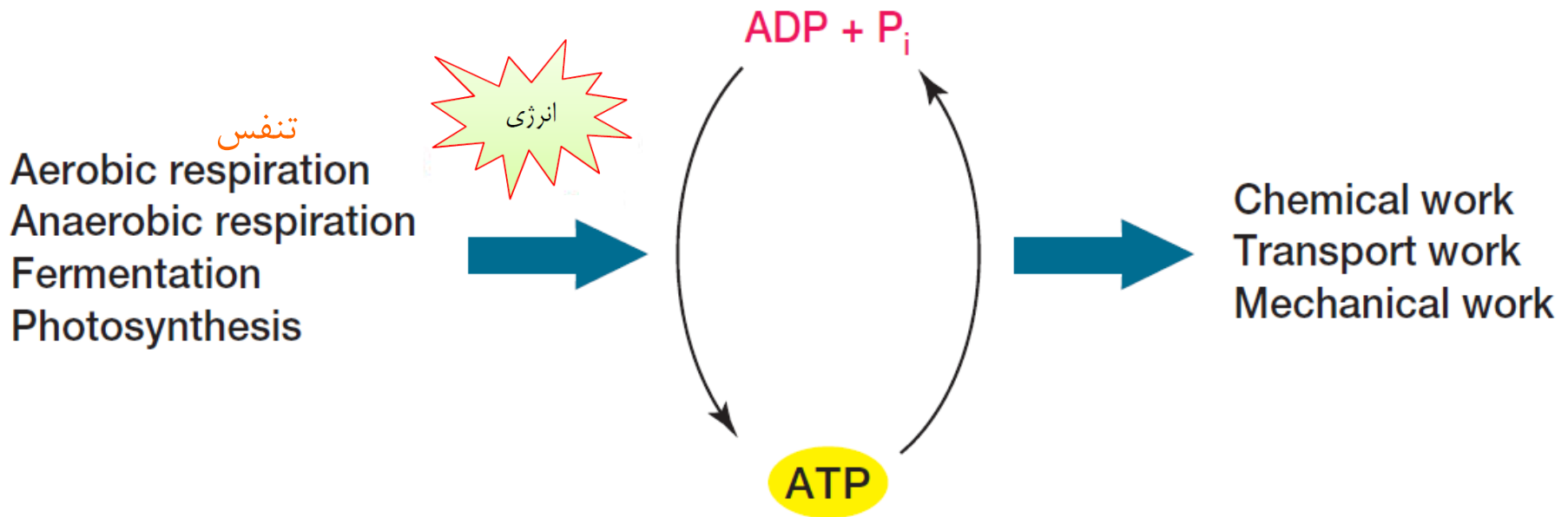
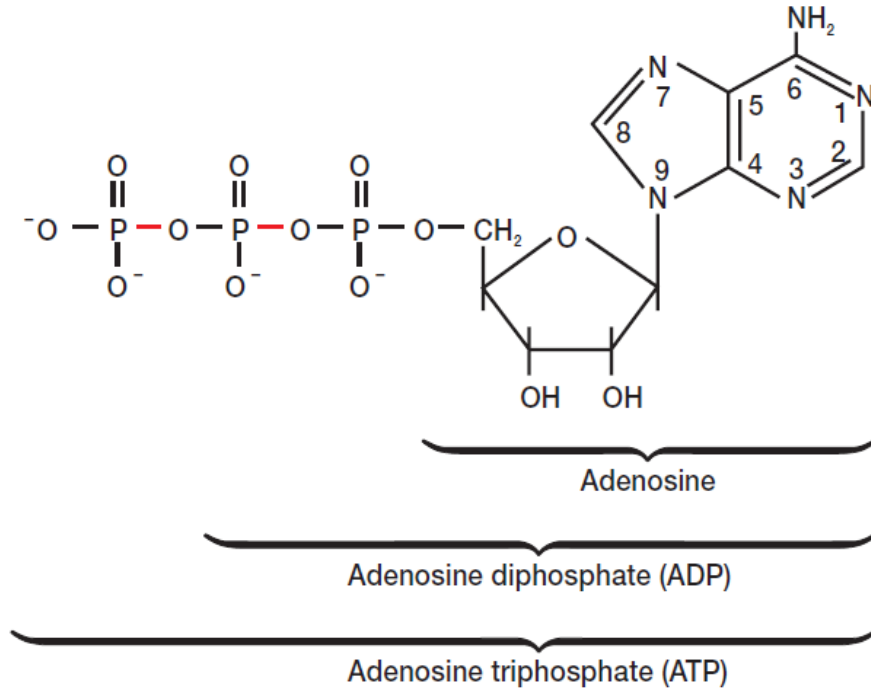
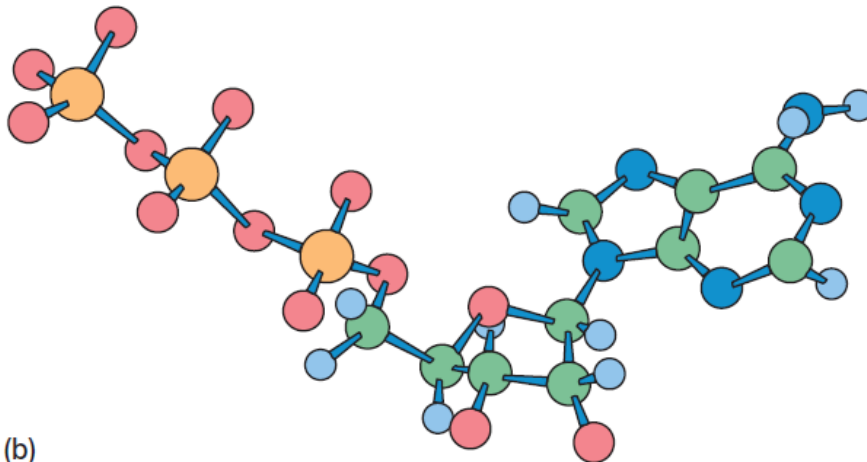


Figure 8.3 The Cell's Energy Cycle. ATP is formed from energy made available during aerobic respiration, anaerobic respiration, fermentation, and photosynthesis. Its breakdown to ADP and phosphate (P_i) makes chemical, transport, and mechanical work possible.



(a)



(b)

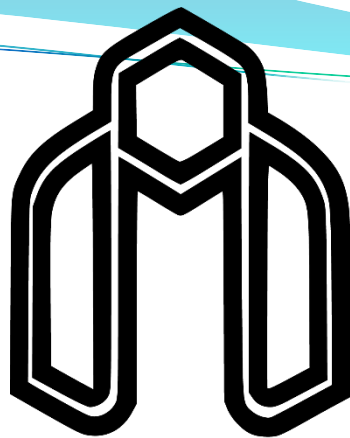
Figure 8.2 Adenosine Triphosphate and Adenosine Diphosphate.

(a) Structure of ATP and ADP. The two red bonds are more easily broken or have a high phosphate group transfer potential (see text). The pyrimidine ring atoms have been numbered. (b) A model of ATP.

Carbon is in green; hydrogen in light blue; nitrogen in dark blue; oxygen in red; and phosphorus in orange.

یوکاریوت‌ها (Eukaryotes)

- ❑ تا انتهای جلسه ششم صفحه ۸۵ اسلایدها تهیه شدند.
- ❑ اسلایدهای جلسات هفتم تا دوازدهم ترم آینده اضافه شوند.
- ❑ از جلسه سیزدهم به بعد صفحه ۱۶۵ تا ۳۶۰ مربوط به فرآوری است.
- ❑ جلسه سیزدهم: اصول انحلال زیستی کانی‌های سولفیدی - ۱



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه سیزدهم

اصول انحلال زیستی کانی‌های سولفیدی - ۱

□ اهمیت اکسیداسیون زیستی کانی‌های سولفیدی:

✓ تشکیل پساب‌های معدنی (AMD/ARD)

✓ بازیابی فلزات با ارزش با استفاده از بیولیچینگ

Acid mine drainage, acid and metalliferous drainage (AMD), or acid rock drainage (ARD) is the outflow of acidic water from metal mines or coal mines.

Acid rock drainage (ARD), also referred to as acid mine drainage (AMD), is **the outflow of acidic water from mining operations including waste rock, tailings, and exposed surfaces in open pits and underground workings.**

Yellow boy in a stream receiving acid drainage from surface coal mining.



When the pH of acid mine drainage is raised past 3, either through contact with fresh water or neutralizing minerals, previously soluble iron(III) ions precipitate as iron(III) hydroxide, a yellow-orange solid colloquially known as *yellow boy*.

هنگامی که pH زهاب اسیدی معدن از ۳ بالاتر می‌رود، یا از طریق تماس با آب تازه یا کانی‌های خنثی‌کننده، یون‌های آهن (III) قبلاً محلول به صورت هیدروکسید آهن (III) رسوب می‌کنند، یک جامد زرد-نارنجی که در عامیانه به عنوان **پسر زرد** شناخته می‌شود.

Rocks stained by acid mine drainage on Shamokin Creek

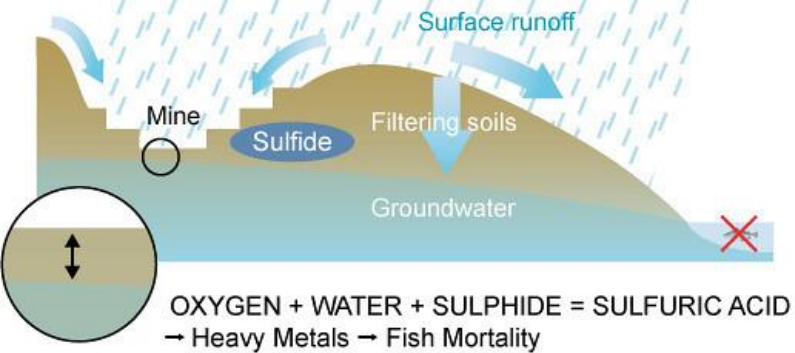


اکسیداسیون باکتریایی

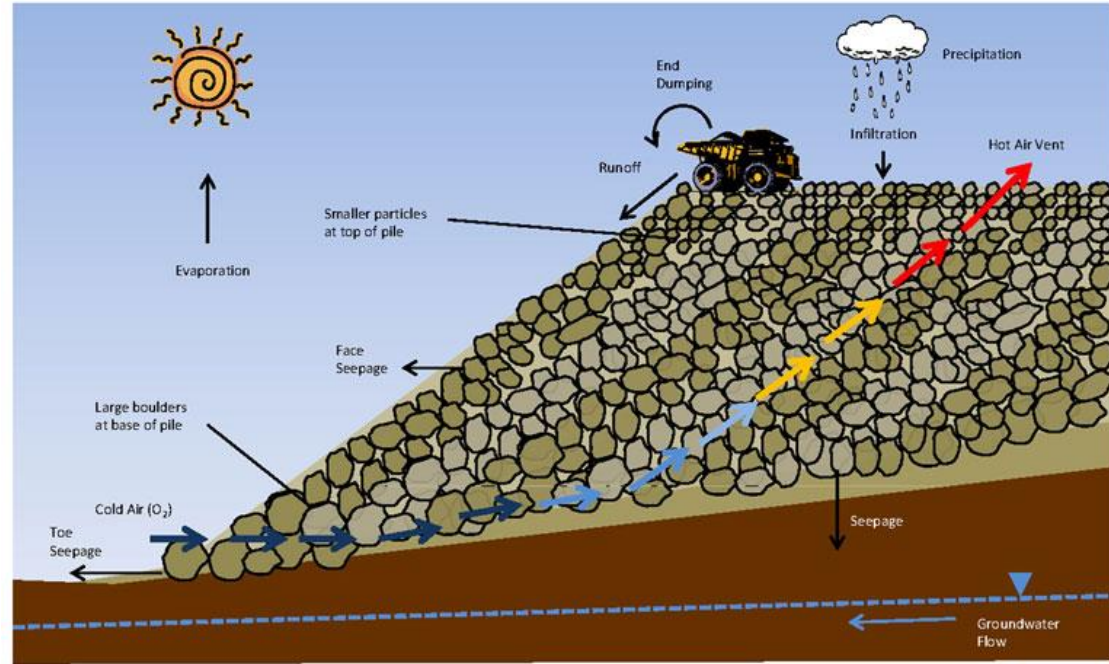
Before Mining



After Mining



Extraction decreases groundwater depth and natural filtration, and increases the groundwater contamination.



اکسایش و کاهش

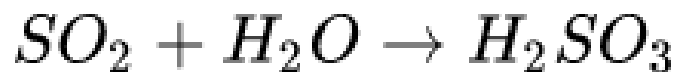
- ❑ واژه **اکسایش**، ابتدا در مورد واکنش‌هایی به کار گرفته می‌شد که در آن‌ها مواد با اکسیژن ترکیب می‌شدند، و **کاهش** نیز به صورت حذف یک اکسیژن از یک ترکیب اکسیژن‌دار تعریف می‌شد.
- ❑ اما معنی این واژه‌ها به تدریج گسترش یافت. امروزه، اکسایش و کاهش، بر مبنای تغییر عدد اکسایش تعریف می‌شوند.
- ❑ **اکسایش** فرآیندی است که در آن **عدد اکسایش یک اتم افزایش می‌یابد** و **کاهش** فرآیندی است که در آن **عدد اکسایش یک اتم کاهش می‌یابد**.
- ❑ **اکسایش گرمازا** و **کاهش گرماگیر** است.

اکسایش و کاهش

□ برای مثال در واکنش زیر اتم S اکسیده شده (الکترون از دست داده) (پس کاهنده است) و اتم O کاهیده شده (الکترون جذب کرده) (پس اکسنده است) است. به سبب آنکه عدد اکسایش اتم S از صفر به +۴ و عدد اکسایش اتم O از



□ و همچنین واکنش زیر شامل اکسایش - کاهش نیست، به سبب آنکه عدد اکسایش هیچ اتمی تغییر نکرده است:



اکسایش و کاهش (Redox)

❑ نام کلی واکنش‌های شیمیایی است که مایه تغییر عدد اکسایش اتم‌ها می‌شوند.

❑ این فرآیند می‌تواند دربرگیرنده واکنش‌های ساده‌ای مانند اکسایش کربن و

تبدیل آن به کربن دی‌اکسید و کاهش کربن و تبدیل آن به متان یا واکنش‌های پیچیده‌ای مانند اکسایش قند در بدن انسان طی واکنش‌های چندمرحله‌ای باشد.

❑ با کمی اغماض علمی می‌توان این فرآیند را انتقال یک یا چند الکترون از یک اتم، مولکول یا یون به یک اتم، مولکول یا یون دیگر دانست.

❑ در هر واکنش اکسایش و کاهش اتم یا مولکولی **الکترون از دست می‌دهد**

(اکسایش) و اتم یا مولکولی دیگر **الکترون جذب می‌کند (کاهش)** می‌یابد.

❑ در چنین واکنشی مولکول دهنده الکترون **اکسید شده** و مولکول گیرنده

الکترون **کاهیده** می‌شود.

اکسایش و کاهش (Redox)

□ در واقع تعریف ابتدایی اکسایش واکنش یک ماده با اکسیژن و ترکیب شدن با آن بوده است، اما با کشف الکترون اصطلاح اکسایش دقیق تر تعریف شد و **کلیه** واکنش هایی که طی آن ماده ای الکترون از دست می دهد **اکسایش** نامیده شدند.

□ اتم اکسیژن می تواند در چنین واکنشی شرکت داشته یا نداشته باشد.

□ **در اثر اکسایش عدد اکسایش** معمولی یک اتم یا اتم های یک مولکول در پی حذف الکترون ها **افزایش می یابد**. برای مثال آهن (II) (فرو) می تواند به آهن (III) (فریک) اکسید شود.



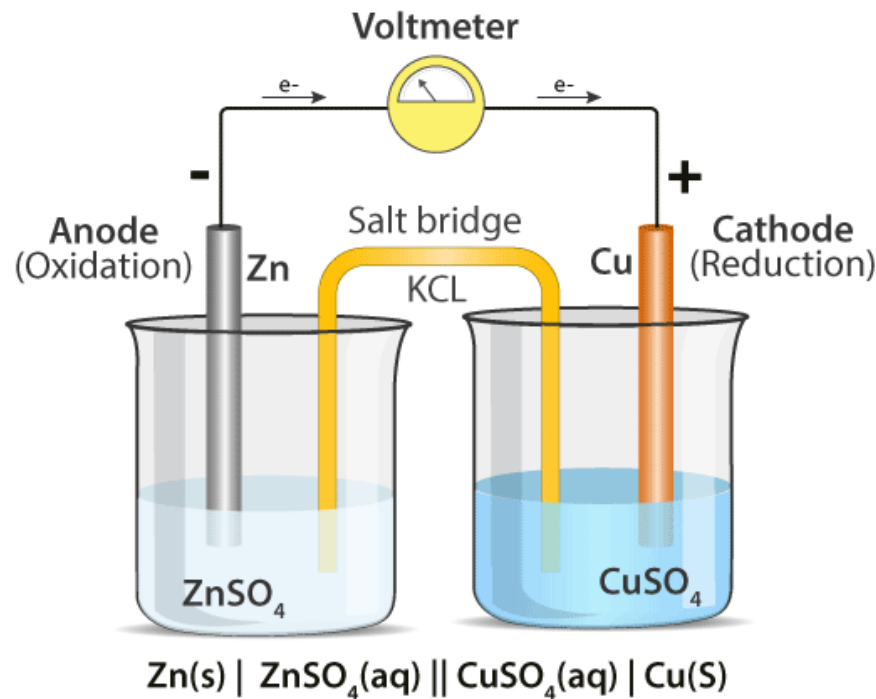
کاتد و آند

- ❑ **تعریف کاتد:** زمانی که در شیمی، از کاتد صحبت می‌کنیم، به الکترودی اشاره داریم که در آن، کاهش رخ می‌دهد.
- ❑ این مورد را در سلول‌های الکتروشیمیایی می‌بینیم.
- ❑ در اینجا کاتد، منفی است زیرا انرژی الکتریکی تأمین‌شده برای سلول، سبب تجزیه ترکیبات شیمیایی می‌شود.
- ❑ با این وجود، در سلول‌های گالوانی که در آن، واکنش شیمیایی سبب تولید انرژی الکتریکی شود، این الکتروود، مثبت خواهد بود.

What is an Electrochemical Cell?

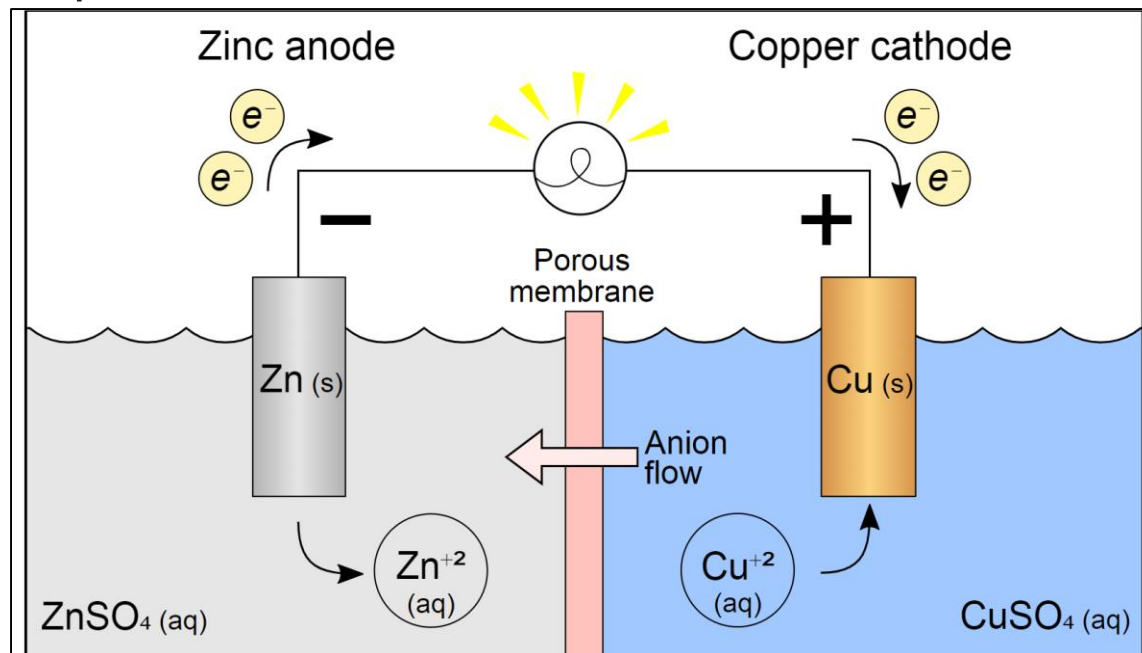
An electrochemical cell is a device that can generate electrical energy from the chemical reactions occurring in it, or use the electrical energy supplied to it to facilitate chemical reactions in it. These devices are capable of converting chemical energy into electrical energy, or vice versa.

ELECTROCHEMICAL CELL



سلول های گالوانی

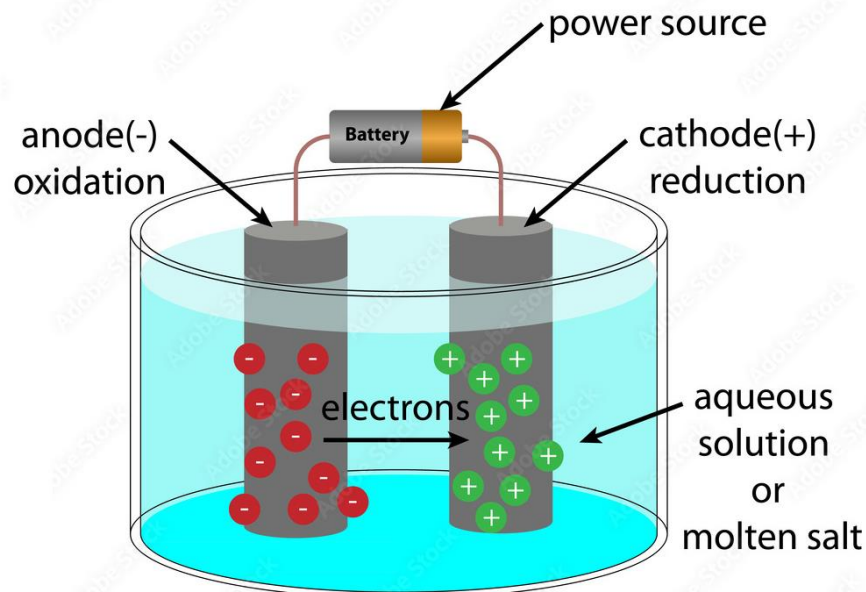
❑ A **galvanic cell** or **voltaic cell**, named after the scientists Luigi Galvani and Alessandro Volta, respectively, is an electrochemical cell in which an electric current is generated from spontaneous Oxidation-Reduction reactions. A common apparatus generally consists of two different metals, each immersed in separate beakers containing their respective metal ions in solution that are connected by a salt bridge or separated by a porous membrane.



سلول‌های الکترولیتی

An **electrolytic cell** is an **electrochemical cell** that utilizes an external source of **electrical energy** to force a **chemical reaction** that would otherwise not occur. The external energy source is a **voltage** applied between the cell's two **electrodes**; an **anode** (positively charged electrode) and a **cathode** (negatively charged electrode), which are immersed in an **electrolyte** solution. This is in contrast to a **galvanic cell**, which itself is a source of electrical energy and the foundation of a **battery**. The net reaction taking place in a galvanic cell is a **spontaneous reaction**, i.e, the **Gibbs free energy** remains -ve, while the net reaction taking place in an electrolytic cell is the reverse of this **spontaneous reaction**, i.e, the Gibbs free energy is +ve.

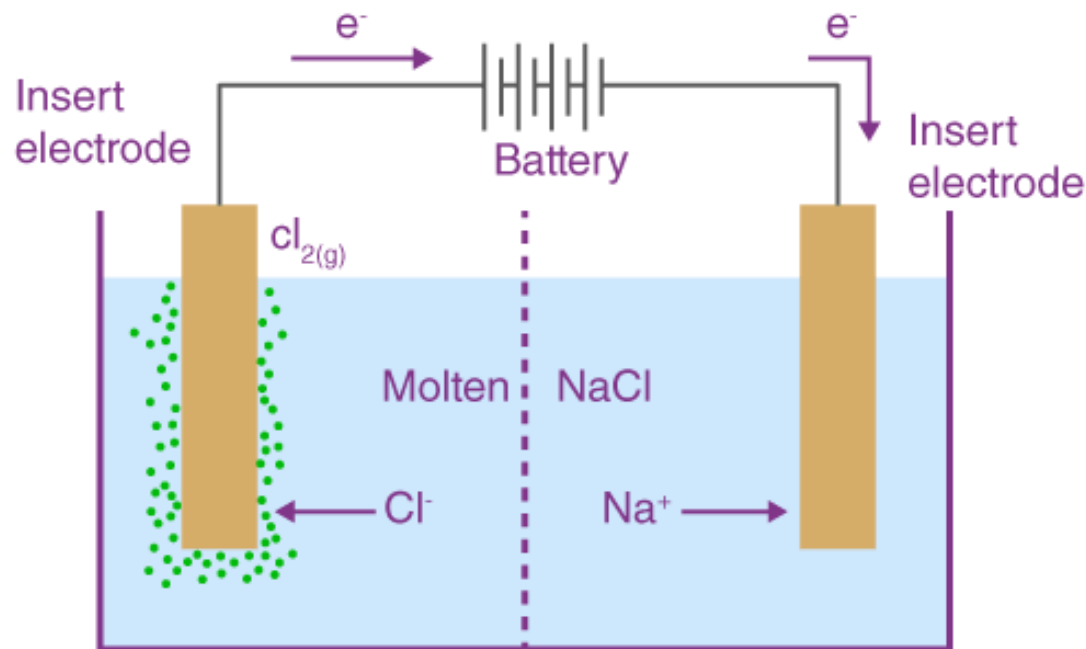
Electrolytic Cell



سلول‌های الکترولیتی

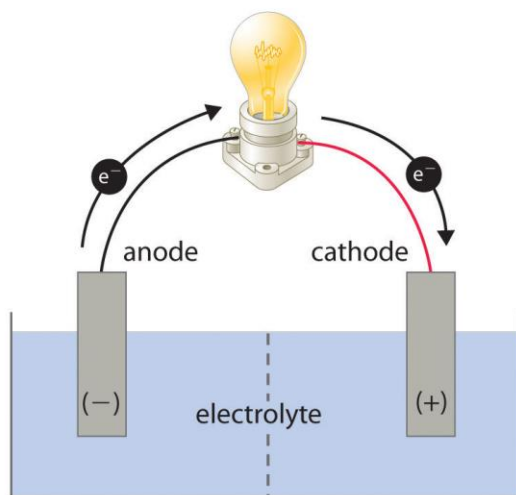
What is an Electrolytic Cell?

An electrolytic cell can be defined as an electrochemical device that uses electrical energy to facilitate a non-spontaneous redox reaction. Electrolytic cells are electrochemical cells that can be used for the electrolysis of certain compounds. For example, water can be subjected to electrolysis (with the help of an electrolytic cell) to form gaseous oxygen and gaseous hydrogen. This is done by using the flow of electrons (into the reaction environment) to overcome the activation energy barrier of the non-spontaneous redox reaction.



تفاوت سلول‌های الکترولیتی و گالوانی

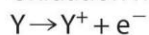
- Electrolytic cells are very similar to voltaic (galvanic) cells in the sense that both require a salt bridge, both have a cathode and anode side, and both have a consistent flow of electrons from the anode to the cathode. However, there are also striking differences between the two cells. The main differences are outlined below:



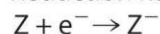
GALVANIC CELL

Energy released by spontaneous redox reaction is converted to electrical energy.

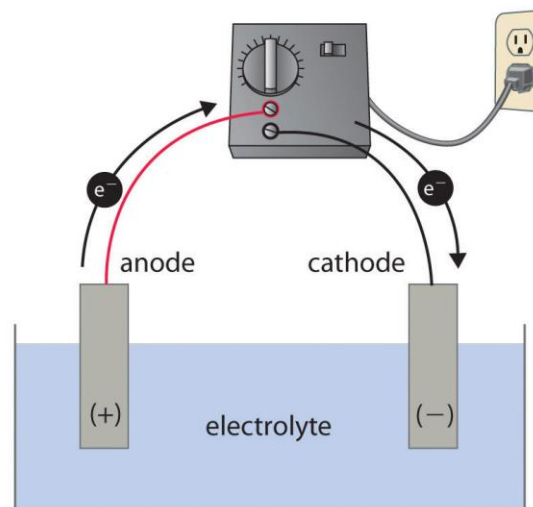
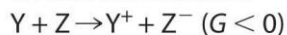
Oxidation half-reaction:



Reduction half-reaction:



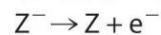
Overall cell reaction:



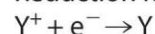
ELECTROLYTIC CELL

Electrical energy is used to drive nonspontaneous redox reaction.

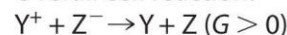
Oxidation half-reaction:



Reduction half-reaction:



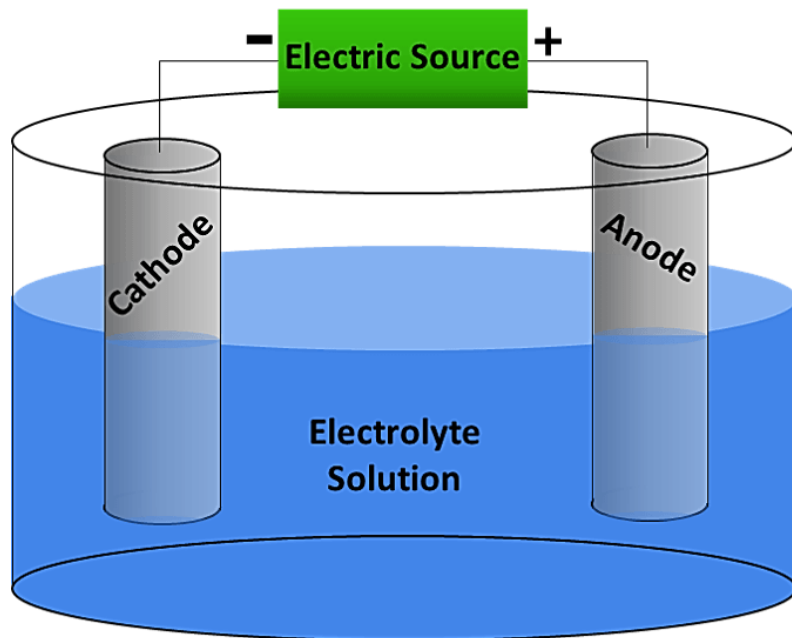
Overall cell reaction:



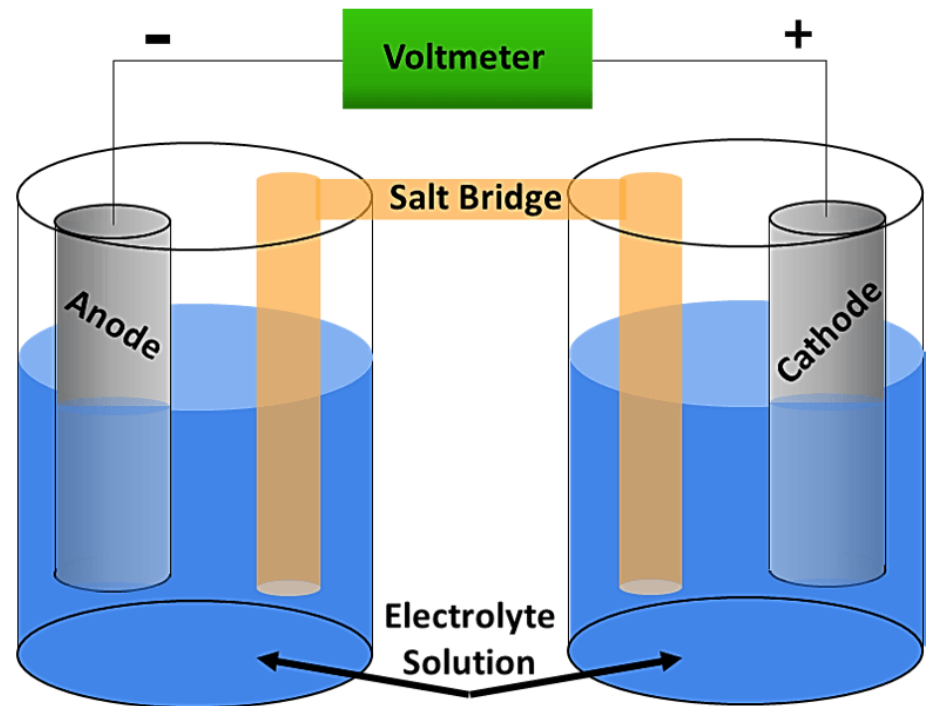
تفاوت سلول‌های الکتروشیمیایی و گالوانی

The key difference between electrochemical cell and galvanic cell is that **most electrochemical cells tend to convert electrical energy into chemical energy**, whereas **galvanic cells tend to convert chemical energy into electrical energy**. Oxidation and reduction reactions play an important role in electrochemistry.

Electrolytic Cell



Galvanic Cell



❑ تعریف آند:

- ❑ پایه‌ای‌ترین تعریف آند از این قرار است که در الکتروشمی، به محلی که اکسایش رخ دهد، آند می‌گویند.
- ❑ به طور کلی، در آند، یون‌های منفی یا آنیون‌ها به دلیل پتانسیل الکتریکی خود، تمایل دارند تا با انجام واکنش، الکترون از دست بدهند. این الکترون‌ها در ادامه وارد مدار الکتریکی می‌شوند.
- ❑ اگر یک سلول گالوانی را در نظر بگیریم، آند به طور طبیعی منفی است و بیشتر الکترون‌ها به طور عمده به طرف بخش خارجی مدار حرکت می‌کنند.
- ❑ لازم به ذکر است که در یک سلول الکترولیتی، آند مثبت است. علاوه بر این، یک آند می‌تواند صفحه یا سیمی با بار اضافی مثبت باشد.

تفاوت بین کاتد و آند

آند (-)	کاتد (+)
آند به الکترودی می گویند که جریان الکتریکی به داخل آن وارد می شود.	کاتد به الکترودی می گویند که الکتریسیته از داخل آن به بیرون جریان پیدا می کند.
به طور معمول، در سلول های الکترولیتی، آند بخش مثبت را تشکیل می دهد.	به طور معمول، کاتد در سلول های الکترولیتی، بخش منفی را تشکیل می دهد.
آند مانند یک دهنده الکترون عمل می کند.	کاتد مانند یک پذیرنده الکترون عمل می کند.
در یک سلول الکترولیتی، واکنش اکسایش در آند رخ می دهد.	در یک سلول الکترولیتی، واکنش کاهش در کاتد رخ می دهد.
در یک سلول گالوانی، آند می تواند به کاتد تبدیل شود.	در یک سلول گالوانی، کاتد می تواند به آند تبدیل شود.

تفاوت بین کاتد و آند

بار کاتد و آند چیست؟

در یک سلول گالوانی (ولتاییک)، علامت آند، منفی و کاتد، مثبت در نظر گرفته می‌شود. این علامت‌ها در کاتد و آند منطقی به نظر می‌آیند زیرا آند، منشأ الکترون‌ها و کاتد، جایی است که الکترون‌ها جریان پیدا می‌کنند.

علامت کاتد و آند چیست؟

همانطور که در طول متن گفته شد، در آند، اکسیداسیون خواهیم داشت و ذرات اکسیدشده، الکترون از دست می‌دهند. در اثر این اتفاق، در الکتروود، تجمعی از الکترون‌ها را خواهیم داشت و در نتیجه، **علامت آند منفی** خواهد بود. بر خلاف آند، در کاتد، واکنش کاهش داریم که ذرات کاهش یافته، الکترون جذب می‌کنند. بنابراین، در الکتروود کاتد، کمبود الکترون خواهیم داشت و به همین دلیل، **علامت کاتد مثبت** است.

اکسایش VS کاهش

□ اکسایش (اکسیداسیون) (اکسید شدن) ← آند (-) ← دهنده

الکترون ← بخش مثبت سلول ← افزایش عدد اکسایش ←

(عنصر ما) اکسید شده (پس کاهش است) (کاهش دهنده است)

← وجود الکترون در سمت راست واکنش

□ کاهش (احیا) (احیا شدن) ← کاتد (+) ← گیرنده الکترون

← بخش منفی سلول ← کاهش عدد اکسایش ← (عنصر ما)

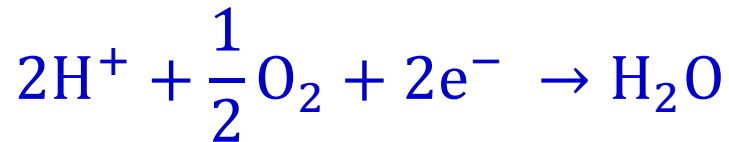
کاهش شده (پس اکسید است) (اکسید کننده است) ← وجود

الکترون در سمت چپ واکنش

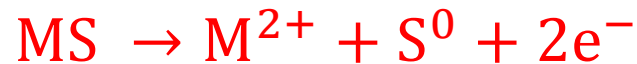
اکسیداسیون شیمیایی

□ مراحل انحلال کانی سولفیدی:

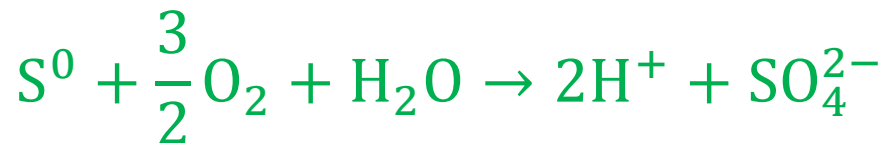
✓ جذب اکسیژن و انتقال الکترون



✓ اکسیداسیون کانی سولفیدی



✓ اکسیداسیون سولفور و تشکیل سولفات



✓ واکنش نهایی

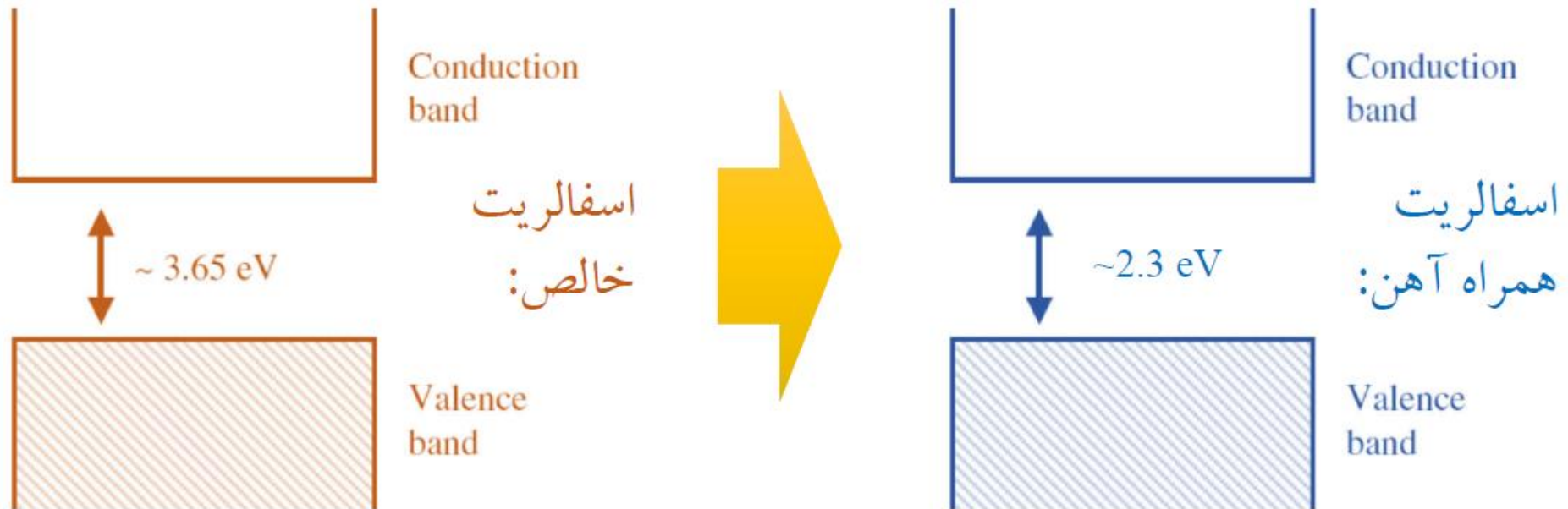


اکسیداسیون شیمیایی

❑ واکنش اکسیداسیون کانی سولفیدی توسط هیدروژن در محیط اسیدی دارای سینتیک پایینی است.

❑ حضور یون‌های آهن که خوشبختانه تقریباً در تمام کانی‌ها وجود دارند باعث تسریع در انحلال می‌شود.

نوار رسانش: بخش پرنرژی‌تر و نیمه‌خالی نوار اوربیتال‌های مولکولی که از طریق آن الکترون‌ها برای هدایت گرما و الکتریسیته جابه‌جا می‌شوند.

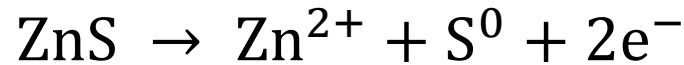


نوار ظرفیت: بالاترین نوار انرژی در جسم بلوری نیم‌رسانا یا جسم عایق که با الکترون‌ها اشغال شده باشد.

اکسیداسیون شیمیایی

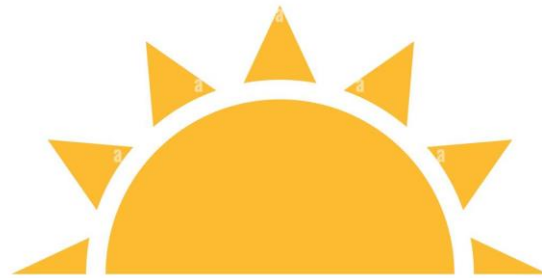
□ بنابراین، رسانایی اسفالریت دارای ناخالصی آهن از اسفالریت خالص بیشتر است.

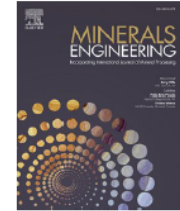
□ در اثر **افزایش رسانایی**، انتقال الکترون تسهیل شده و انحلال افزایش می یابد.



□ همین پدیده در اثر تابش **اشعه UV** اتفاق افتاده و باعث افزایش سینتیک

انحلال اسفالریت می شود.





The impact of light on understanding the mechanism of dissolution and leaching of sphalerite (ZnS), pyrite (FeS_2) and chalcopyrite (CuFeS_2)

F.K. Crundwell ^{a,b,*}

^a Crundwell Metallurgy, London SW19 6PT, United Kingdom

^b Chemical Engineering, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

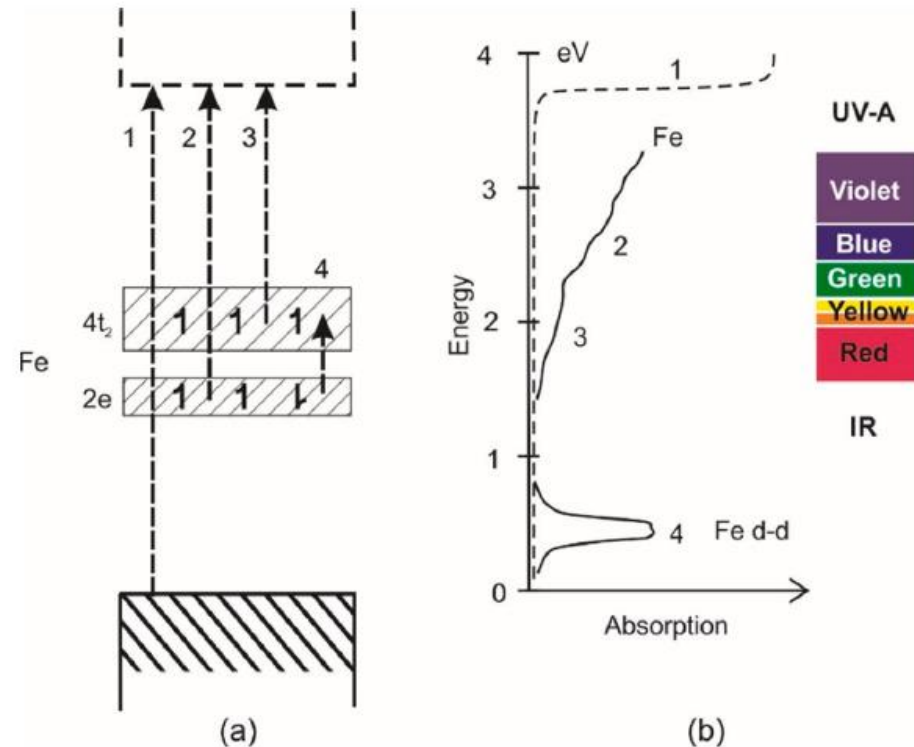
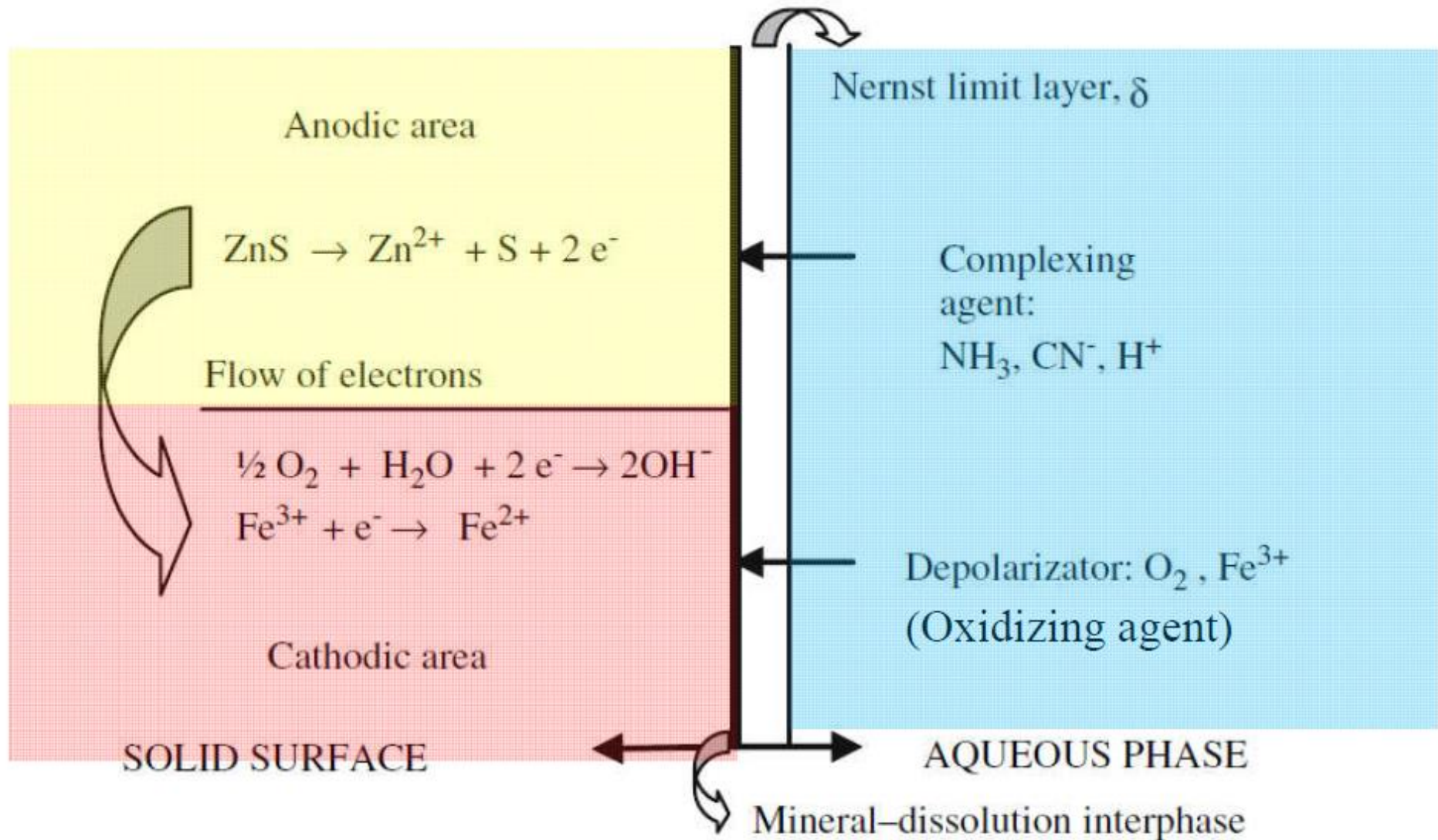


Fig. 6. Absorption of light of different wavelengths by sphalerite, which result in colours ranging from clear, honey yellow (cleiophane) to black (marmatite) as the concentration of iron in the sphalerite increases. (a) Band structure showing the iron bands within the bandgap. (b) Absorption spectrum of a sphalerite sample containing 7% iron (Wincott and Vaughan, 2006). (c) Samples of cleiophane (orange/red) and marmatite (black). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

اکسیداسیون شیمیایی

□ انحلال شیمیایی اسفالریت



Book: Microbial Processing of Metal Sulfides

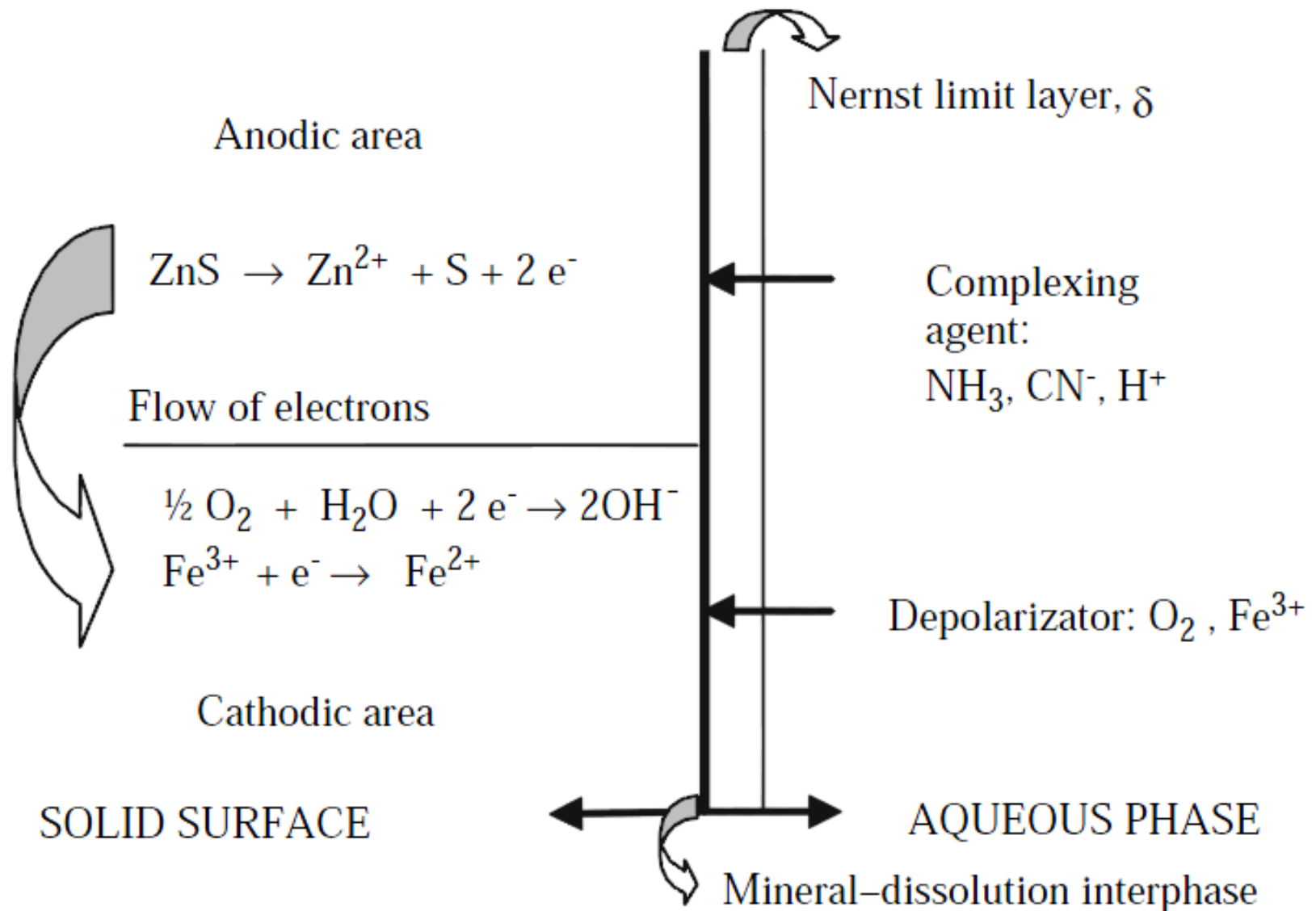


Figure 1. Scheme of the electrochemical mechanism of ZnS dissolution

Nernst limit layer

Nernst boundary layer

A Nernst layer refers to a fictitious scientific area on a concentration profile graph of an electrode. It represents the hypothetical thickness of the diffusion layer that is present on an electrode immersed in an electrolytic solution. The Nernst layer may also be known the Nernst diffusion layer.

لایه مرزی نرنست

یک لایه نرنست به یک منطقه علمی ساختگی در نمودار مشخصات غلظت یک الکتروود اشاره دارد. این نشاندهنده ضخامت فرضی لایه انتشار است که روی یک الکتروود غوطه‌ور در محلول الکترولیتی وجود دارد. لایه نرنست ممکن است لایه انتشار نرنست نیز شناخته شود.

Oxidation of Pyrite



- The ferrous and hydrogen ions are released into the waters that runoff from mine drainage tunnels or tailings piles.
- The ferrous ions are oxidized to form ferric ions.



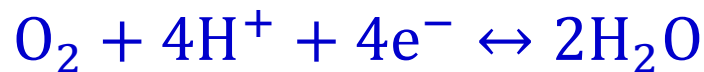
اکسیداسیون پیریت

- ❑ اکسیداسیون پیریت و تبدیل آن به سولفات فروس، یک فرآیند گرماده ($\Delta G = -402.3 \text{ kJ/mol}$) است که به علت **سینتیک بسیار پایین**، در طبیعت به کندی انجام می‌شود.
- ❑ علت سینتیک کند این فرآیند، **عدم شکسته شدن** مستقیم پیوندهای پیریت در هنگام اکسیداسیون (توسط Fe^{3+} یا H^+) است.
- ❑ در اثر اکسیداسیون، سطح پیریت بصورت مرحله به مرحله (۶ مرحله) در اثر **واکنش گوگرد پیریت با آب** و تشکیل یون سولفات تجزیه می‌شود.
- ❑ به عبارت دیگر، اکسیژن به صورت مرحله‌ای، S را از شبکه جدا می‌کند و در نهایت، یون فرو آزاد شده از سطح، اکسید می‌شود.

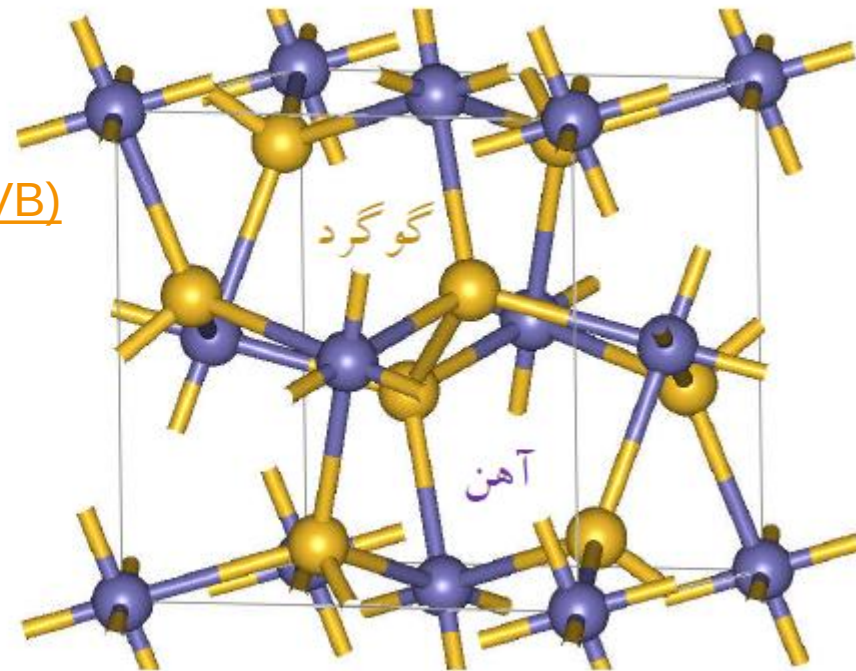
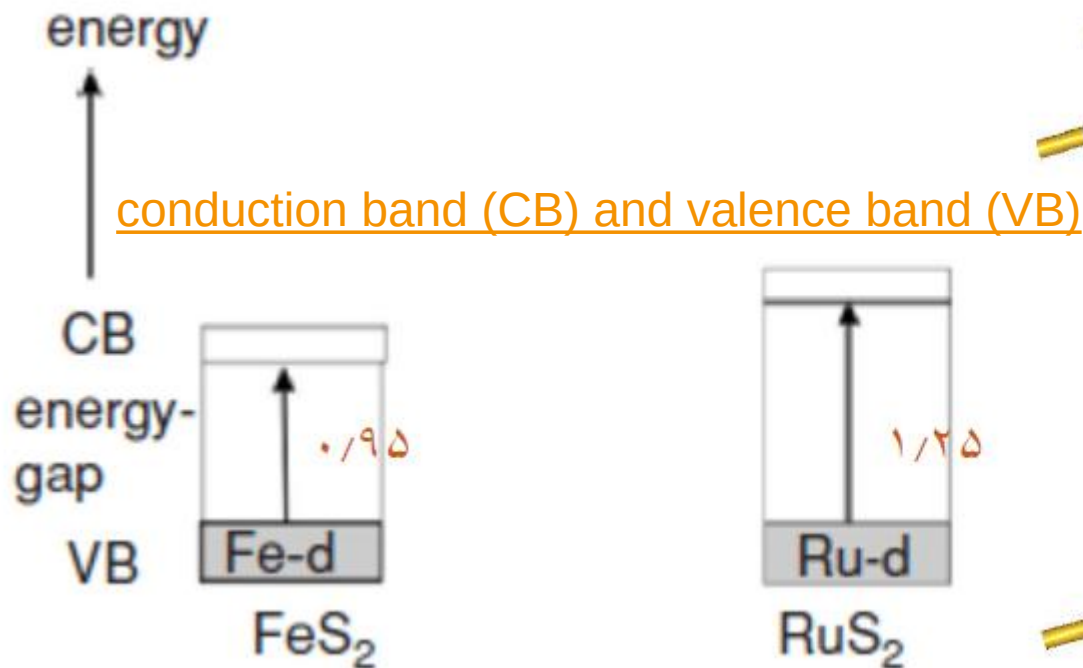
اکسیداسیون پیریت

□ اکسیداسیون نیمه رساناهای با ساختار مشابه پیریت

□ هنگام اکسیداسیون دی سولفید روتنیوم (RuS_2)، آب به اکسیژن و هیدروژن تجزیه می شود. زیرا باند گپ کانی از پتانسیل تجزیه آب بالاتر است.



1.229



روتنیوم

Ruthenium

atomic number	44	101.07	atomic weight
symbol	Ru		acid-base properties of higher-valence oxides
electron configuration	[Kr]4d ⁷ 5s ¹		crystal structure
name	ruthenium		physical state at 20 °C (68 °F)

 Transition metals	 Solid
 Hexagonal	 Weakly acidic

© Encyclopædia Britannica, Inc.



اکسیداسیون پیریت

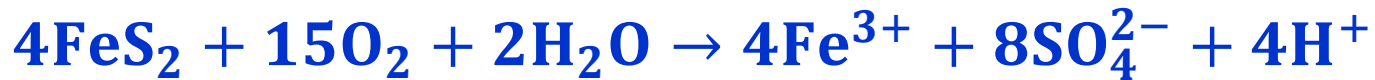
❑ یون Fe^{3+} ، الکترون را از باند ظرفیتی کانی سولفیدی خارج و در آن ایجاد حفره می‌کند.

❑ انرژی حاصل از پر شدن حفره در باند ظرفیتی لاوریت (RuS_2) (Laurite)، بیشتر از انرژی لازم برای تجزیه آب است. بنابراین، روتنیوم سطحی با اکسیژن تشکیل کمپلکس داده و گاز اکسیژن آزاد می‌شود.

❑ اما در مورد پیریت، این مسأله صادق نیست و به دلیل آنکه آهن نمی‌تواند به حالت اکسیداسیون بالا دست یابد، اکسیژن با یون S^{2-} واکنش داده و تشکیل SO_4^{2-} می‌دهد.

بیواکسیداسیون پیریت

□ باکتری با سرعت بخشیدن به این فرآیند از طریق کاهش انرژی فعال سازی، انرژی تولیدشده از انجام واکنش را جذب می کند.



□ باکتری با اکسیداسیون یون های فرو (Fe^{2+}) محلول باعث تغییر پتانسیل پالپ می شود.

□ با افزایش پتانسیل، آهن به طور مستقیم از درون شبکه پیریت وارد واکنش شده و آب را به هیدروکسید احیا کرده و با آن تشکیل کمپلکس هیدروکسید آهن می دهد که پس از واکنش با گوگرد به سولفات آهن تبدیل می شود.

□ همچنین، آمینو اسید سیستئین (Cysteine) ($\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$) با ترکیب شدن با پیریت و سست کردن پیوندها، باعث انحلال پیریت در پتانسیل پایین می شود.

بیو اکسیداسیون پیریت

❑ بسیاری از فلزات دارای کانی‌های سولفیدی هستند و اگر بخواهیم آن‌ها را حل کنیم، سینتیک انحلال آن‌ها کند است. بنابراین، به سراغ باکتری‌ها می‌رویم تا سینتیک را

افزایش دهند.
$$4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + 8\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$$

❑ **روش کار:** رابطه کلی انحلال پیریت نوشته شده است. بنابراین، باکتری خود فلز (Fe) را حل و تولید اسید می‌کند. **کار باکتری این است که پتانسیل اکسیداسیون-احیا را افزایش می‌دهد.**

❑ باکتری یون فرو (Fe^{2+}) را اکسید و به یون فریک (Fe^{3+}) تبدیل می‌کند. یعنی صورت کسر را در معادله زیاد و مخرج آن را کم می‌کند. در نتیجه پتانسیل را افزایش می‌دهد و انرژی بیشتری وارد می‌شود، در نتیجه پیریت راحت‌تر حل می‌شود و این قله انرژی را آسان‌تر فتح می‌کند.

❑ باکتری به جای اینکه گوگردها را اکسید کند، این دفعه مستقیم آهن را بیرون می‌کشد.

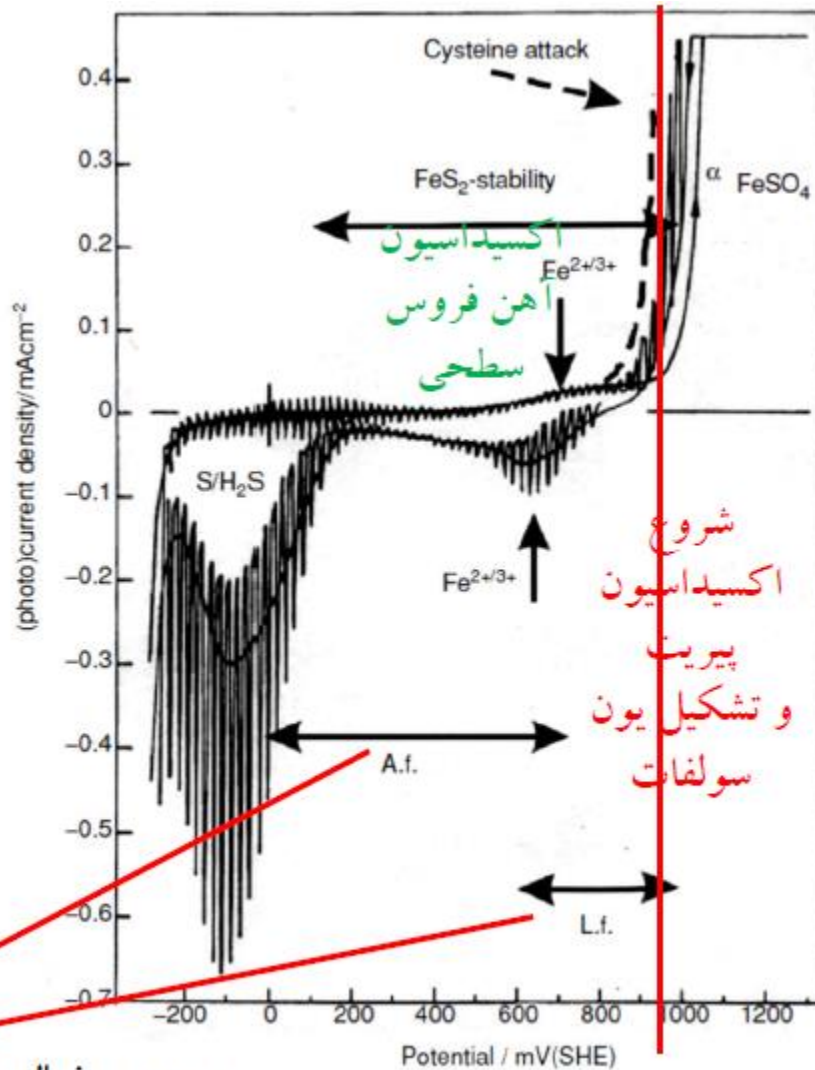
بیو اکسیداسیون پیریت

□ ولتامتری چرخه‌ای پیریت

✓ این آزمایش، یک بار در تاریکی و بار دیگر در حضور نور چشمک‌زن، در حضور الکترولیت انجام شده است.

✓ محدوده فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده آهن نشان داده شده است.

✓ تأثیر سیستمین در اکسیداسیون سریع‌تر پیریت مشاهده می‌شود.



محدوده فعالیت باکتریها



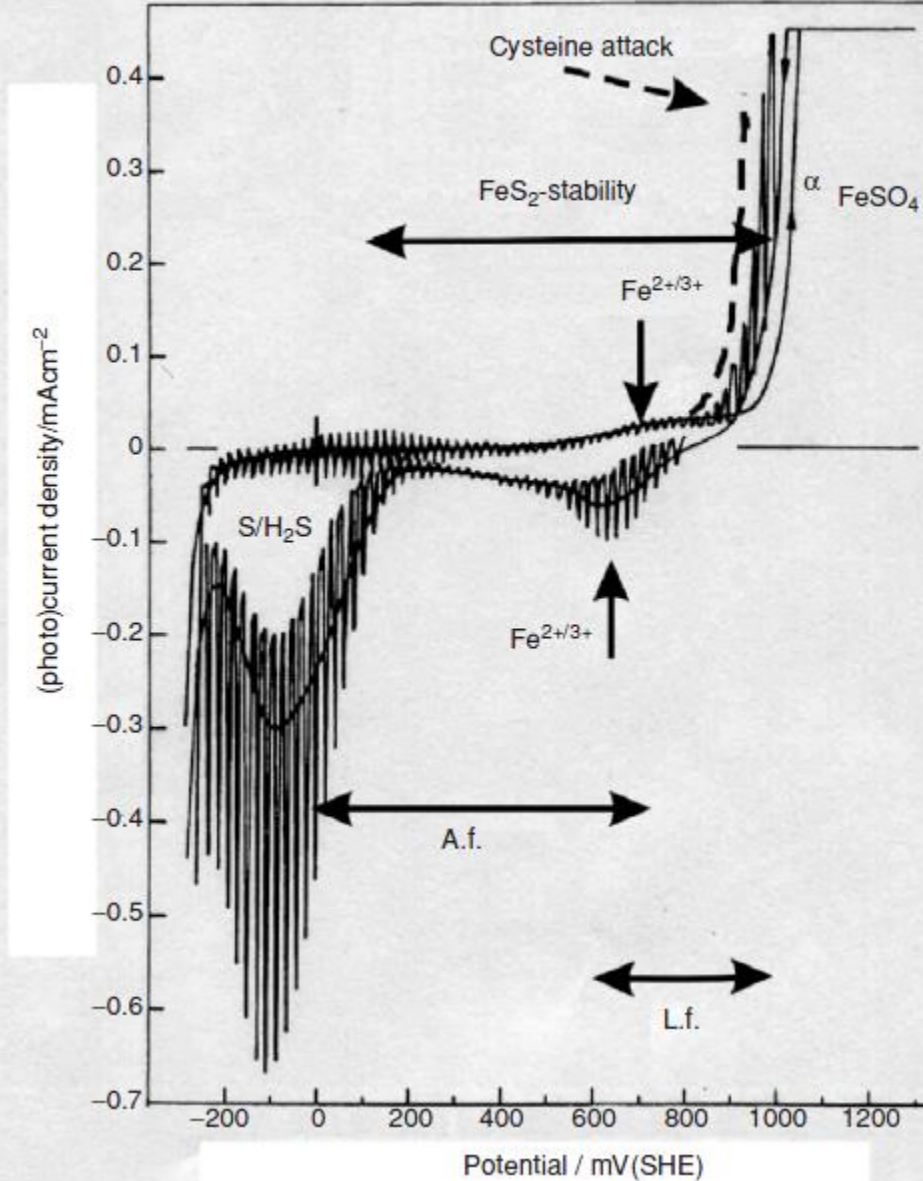
0.771

Cyclic voltammetry

□ **Cyclic voltammetry** is an electrochemical technique for measuring the current response of a redox active solution to a linearly cycled potential sweep between two or more set values.

□ **ولتامتری چرخه‌ای** یک تکنیک الکتروشیمیایی برای اندازه‌گیری پاسخ جریان یک محلول فعال ردوکس به یک جابجایی پتانسیل چرخه‌ای خطی بین دو یا چند مقدار تنظیم‌شده است.

کتاب Biomining



Standard Hydrogen Electrode (SHE)

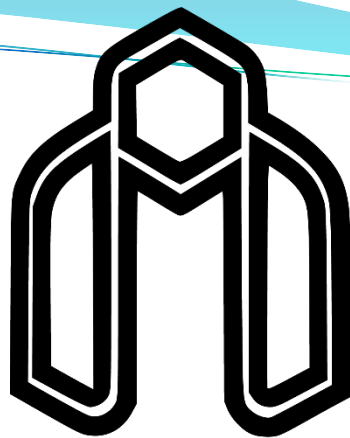
آمینو اسید سیستئین (Cysteine)
($C_3H_7NO_2S$)

A.f. = *Acidithiobacillus ferrooxidans*

L.f. = *Leptospirillum ferrooxidans*

- ❑ **Fig. 13.2.** Simplified scheme explaining the current–voltage behavior of pyrite in contact with an acidic electrolyte ($0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$).
- ❑ The current–voltage curve is shown for the dark and for **chopped light**.
- ❑ The different reactions which are proceeding are indicated.
- ❑ The **dotted line** shows how the presence of cysteine enhances the anodic dissolution process.
- ❑ The preferred activity ranges of *Acidithiobacillus ferrooxidans* and *Leptospirillum ferrooxidans* are indicated.

- شکل ۱۳-۲- طرح ساده شده رفتار جریان-ولتاژ پیریت در تماس با یک الکترولیت اسیدی ($0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$) را توضیح می دهد.
- منحنی جریان-ولتاژ برای بخش تاریک و برای نور خرد شده نشان داده شده است.
- واکنش های مختلفی که در حال انجام هستند نشان داده شده اند.
- خط نقطه چین نشان می دهد که چگونه حضور سیستمین فرآیند انحلال آندی را افزایش می دهد.
- محدوده فعالیت ترجیحی *Acidithiobacillus ferrooxidans* و *Leptospirillum ferrooxidans* نشان داده شده است.



دانشگاه صنعتی شاهرود

بیوفناوری در فرآوری مواد معدنی

جلسه چهاردهم

اصول انحلال زیستی کانی‌های سولفیدی - ۲

اکسیداسیون باکتریایی

□ **بیو-اکسیداسیون**، بیشتر یک فرآیند **شیمیایی** است که در آن، بسته به نوع

کانی، یون‌های هیدروژن و آهن فریک مسؤل واکنش‌های لیچینگ هستند.

□ با این وجود، برای **تولید و بازتولید** این مواد حل‌کننده، نیازمند استفاده از

فرآیندهای زیستی می‌باشیم.

□ جهت رشد این میکروب‌ها، **هوا** جهت تأمین اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، **آب**

برای ایجاد واسطه رشد، **کانسنگ** جهت منبع انرژی و عناصر کمیاب و مقدار

اندکی **کود شیمیایی** به منظور تأمین نیتروژن، فسفات و پتاسیم استفاده

می‌شوند.

اکسیداسیون باکتریایی

- ☐ یون فریک (Fe^{3+}) می‌خواهد الکترون بگیرد (کاهش) و به یون فرو (Fe^{2+}) تبدیل شود.
- ☐ هنگامی که یون فریک (Fe^{3+}) در سیستم تمام می‌شود، به سبب آنکه پتانسیل پایین آمده است، به مشکل برمی‌خوریم.
- ☐ اینجا باکتری به کمک ما می‌آید و یون‌های فرو (Fe^{2+}) را به فریک (Fe^{3+}) تبدیل می‌کند (اکسایش).
- ☐ شایان ذکر اینکه باکتری به‌طور مستقیم فلز را حل نمی‌کند، بلکه روی یون‌های فریک و فرو اثر می‌گذارد.

MAGNETITE

VS

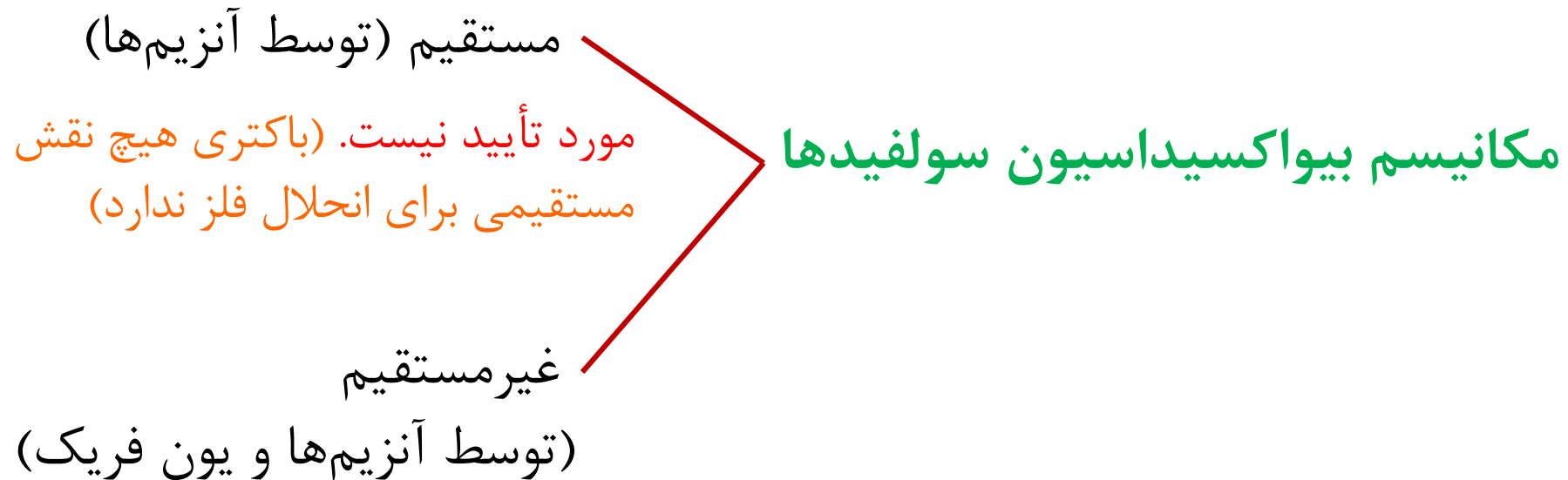
HEMATITE

Fe^{3+}



Fe^{2+}

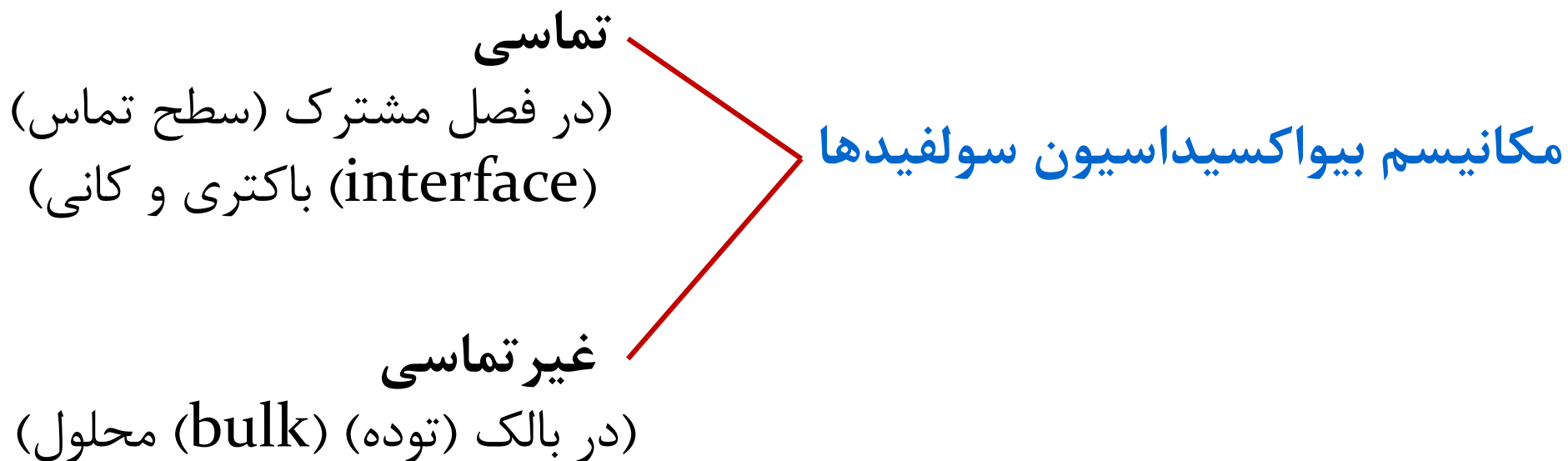
اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی



□ باید نسبت یون فرو به یون فریک را کاهش دهیم تا پتانسیل بالا رود.

□ باکتری‌های اکسیدکننده آهن-گوگرد، باکتری‌های هوازی هستند.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی



□ واکنش‌هایی که به صورت تماسی و در واسطه پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی رخ می‌دهند، مؤثرترند زیرا pH و پتانسیل اکسید/احیا، آنجا مناسب‌تر است.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

☐ میکروب خودش را به سطح ذره می‌چسباند تا بیوفیلم تشکیل دهد.

☐ در مکانیسم‌های تماسی و غیرتماسی هردو، مکانیزم، غیرمستقیم است.

☐ در مکانیسم غیرتماسی، میکروب دور از ذره است و ارتباط دورادور با هم دارند.

☐ مواد آلی (پلیمری) که باکتری از خودش تولید می‌نماید و با کمک این پلیمرها به سطح کانی می‌چسبد.

☐ نشاسته ذرات را فلوکوله و جمع می‌کند.

☐ یک چرخه برای تبدیل یون فرو به یون فریک داریم.

☐ باکتری از سطح انرژی به دست می‌آورد.

☐ باکتری توسط کوفاکتوری به نام یون فریک کار می‌کند.

☐ پلی‌ساکارید آبدوست است.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ مسیرهای زیستی (Pathway) انحلال فلزات سولفیدی

- Thiosulfate pathway → سولفیدهای غیر قابل انحلال کانی سولفیدی به تیوسولفات تبدیل و جایگزین اکسیژن می‌شود.
- Polysulfide pathway → سولفیدهای قابل انحلال

■ سولفیدهای غیر قابل انحلال: FeS_2 , MoS_2 , WS_2

■ فقط با استفاده از یون فریک قابل حل هستند.

■ سولفیدهای قابل انحلال: ZnS , PbS , FeAsS , CuFeS_2 , MnS_2

■ با استفاده از یون هیدروژن و یون فریک قابل حل هستند.

✓ سولفیدهای اولیه (Hypogene): مانند کالکوپیریت (CuFeS_2)

✓ سولفیدهای ثانویه (Supergene): مثل کوولیت (CuS) و

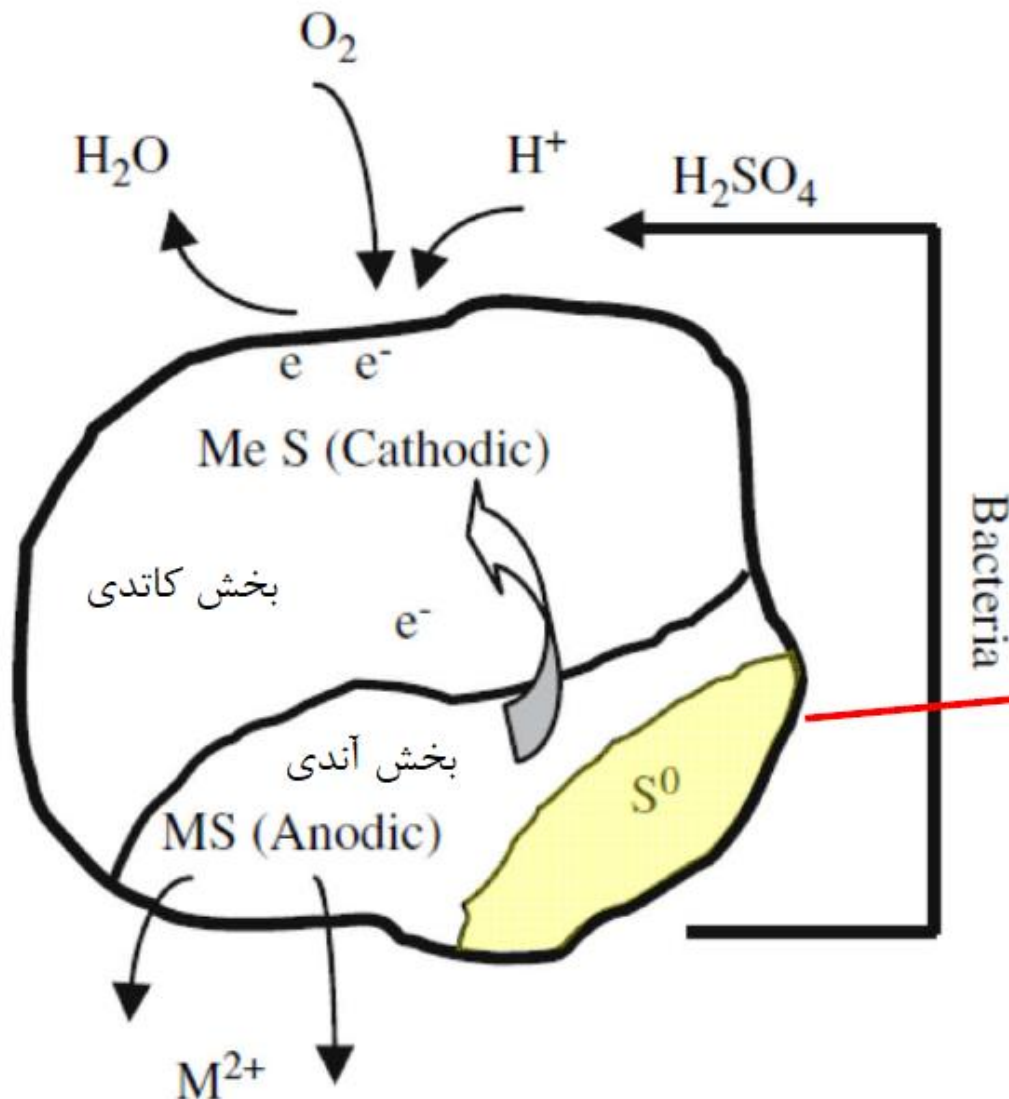
کالکوسیت (Cu_2S)

سولفیدهای اولیه در ابتدای تشکیل پوسته زمین به وجود آمده‌اند.

سولفیدهای ثانویه خالص‌تر از سولفیدهای اولیه هستند و راحت‌تر از آن‌ها حل می‌شوند.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ انحلال زیستی کانی سولفیدی



□ اکسیژن و هیدروژن اکسیدکننده هستند و دارند اکسید می‌کنند.

□ کاتد دارد الکترون می‌گیرد و اکسیژن و هیدروژن را احیا می‌کند.

□ گوگرد عنصری یا می‌آید در محلول پخش می‌شود یا به آند می‌چسبد و آن را عایق می‌کند تا الکترون دیگر منتقل نشود و عملیات متوقف شود.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ سولفیدهایی مانند اسفالریت (ZnS) و گالن (PbS) با استفاده از باکتری‌های

اکسیدکننده **گوگرد** به تنهایی قابل حل هستند. (نیاز به باکتری‌هایی که فریک تولید

کنند، ندارند).

□ کئولیت (CuS) و پیریت (FeS_2) با باکتری‌هایی که هم گوگرد و هم آهن را

اکسید می‌کنند قابل انحلالند.

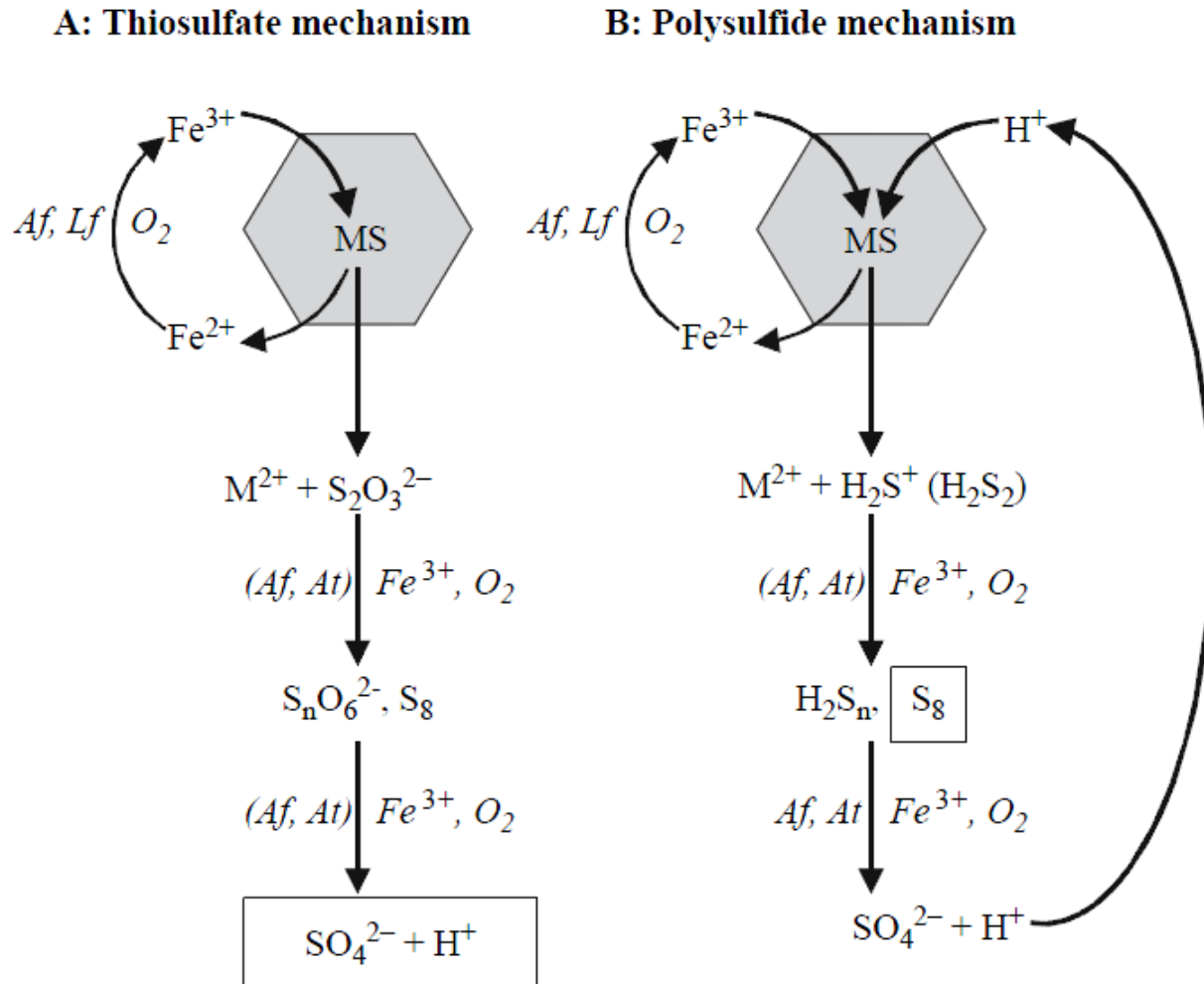


Figure 1. Scheme of the two metal sulfide (bio)leaching pathways, the thiosulfate (A) and polysulfide (B) one (Schippers *et al.*, 1996; Schippers & Sand, 1999).

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

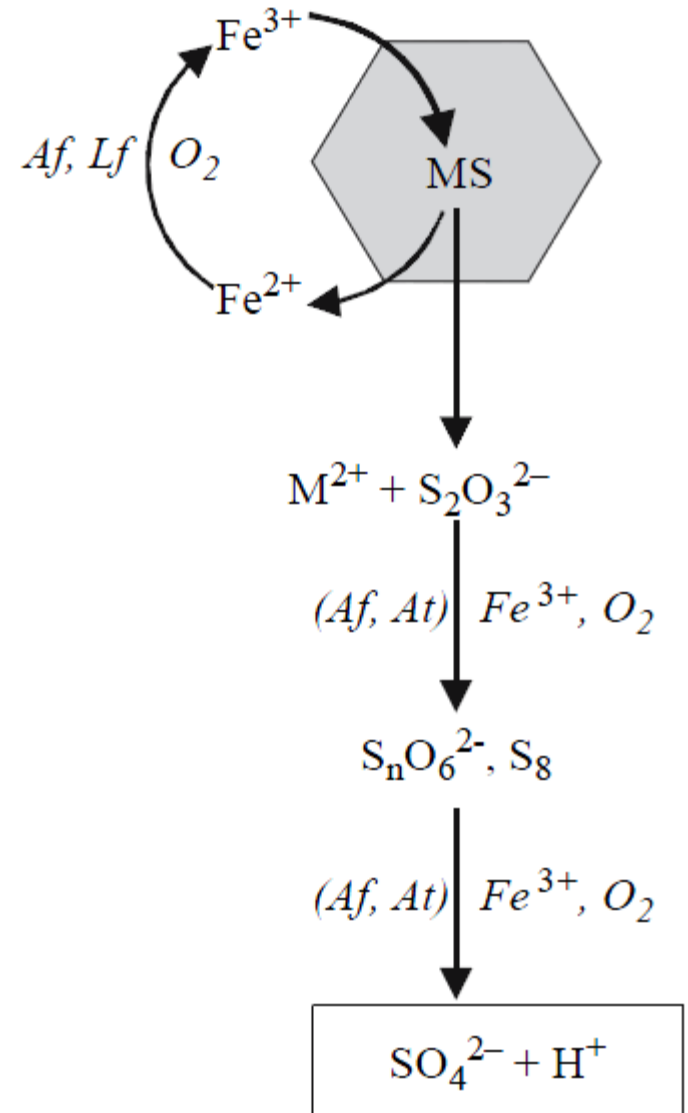
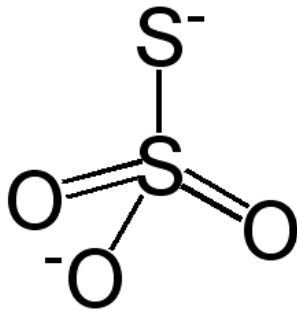
- ❑ **Figure 1.** Scheme of the two metal sulfide (bio)leaching pathways, the thiosulfate (**A**) and polysulfide (**B**) one (Schippers *et al.*, 1996; Schippers & Sand, 1999).
- ❑ Iron(III) ions extract electrons from the metal sulfide (MS) and are thereby reduced to the iron(II) form.
- ❑ As a result, the metal sulfide crystal releases metal cations (M^{2+} and water-soluble intermediary sulfur compounds.
- ❑ Iron(II)-oxidizing bacteria such as *A. ferrooxidans* and *L. ferrooxidans* (*Af*, *Lf*) catalyze the recycling of iron(III) ions in acidic solutions.
- ❑ In the case of acid-soluble metal sulfides (**B**), an additional attack is performed by protons.
- ❑ The liberated sulfur compounds are oxidized abiotically and also by sulfur compound-oxidizing bacteria such as *A. ferrooxidans* and *A. thiooxidans* (*Af*, *At*).
- ❑ Where the reactions are mainly abiotic the contribution of bacteria is put in parentheses.
- ❑ The main electron acceptors of oxidation reactions other than the initial iron(III) attack are given on the right site of the arrows.
- ❑ The main reaction products which accumulate in the absence of sulfur compound oxidizers are put in boxes, i.e. sulfuric acid in (**A**) and elemental sulfur in (**B**). (Reproduced from Rohwerder *et al.*, 2003 with permission of the publisher.)

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

- ☐ شکل ۱. طرح دو مسیر (بیو)لیچینگ سولفید فلزی، (A) مسیر تیوسولفات و (B) مسیر پلی‌سولفید (Schippers و همکاران، ۱۹۹۶؛ Schippers & Sand، ۱۹۹۹).
- ☐ یون‌های آهن (III) الکترون‌ها را از سولفید فلز (MS) استخراج می‌کنند و در نتیجه به شکل آهن (II) احیا می‌شوند.
- ☐ در نتیجه، کریستال سولفید فلز کاتیون‌های فلزی (M^{2+}) و ترکیبات گوگردی واسطه محلول در آب را آزاد می‌کند.
- ☐ باکتری‌های اکسیدکننده آهن (II) مانند *A. ferrooxidans* و *L. ferrooxidans* (*Af, Lf*) بازیافت یون‌های آهن (III) را در محلول‌های اسیدی کاتالیز می‌کنند.
- ☐ در مورد سولفیدهای فلزی محلول در اسید (B)، یک حمله اضافی توسط پروتون‌ها انجام می‌شود.
- ☐ ترکیبات گوگردی آزادشده به‌صورت غیرزیستی و همچنین توسط باکتری‌های اکسیدکننده ترکیبات گوگردی مانند *A. ferrooxidans* و *A. thiooxidans* (*Af, At*) اکسید می‌شوند.
- ☐ درجایی که واکنش‌ها عمدتاً غیرزیستی هستند، مشارکت باکتری‌ها در پرانتز قرار داده شده است.
- ☐ گیرنده‌های (پذیرنده‌های) اصلی الکترون واکنش‌های اکسیداسیون به غیر از حمله اولیه آهن (III) در سمت راست فلش‌ها آورده شده‌اند.
- ☐ محصولات اصلی واکنش که در غیاب اکسیدکننده‌های ترکیبات گوگردی انباشته می‌شوند در جعبه‌ها (باکس‌ها) قرار گرفته‌اند، یعنی اسید سولفوریک در (A) و گوگرد عنصری در (B). برگرفته از روهورد و همکاران، ۲۰۰۳ با اجازه ناشر.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

❑ Thiosulfate pathway



❑ حضور باکتری اکسیدکننده آهن (*Lf* و *Af*) ضروری است.

❑ حضور باکتری اکسیدکننده گوگرد (*At*) می‌تواند گوگرد ایجادشده را حل کند و محیط را اسیدی نگه دارد.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

☐ لیتوس فریوم: اکسیدکننده آهن

☐ تیوباسیلوس تیواکسیدان: اکسیدکننده گوگرد

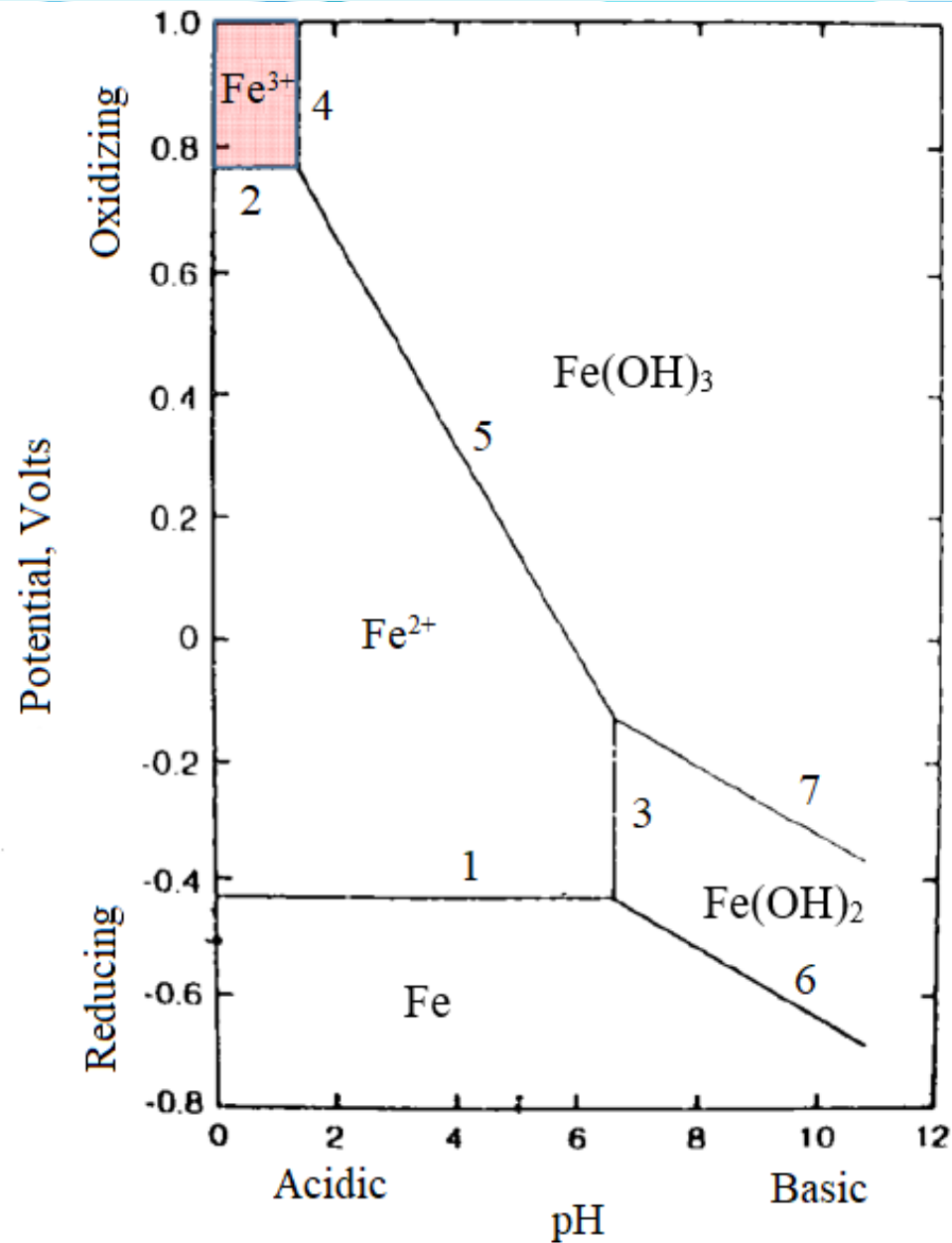
☐ تیوباسیلوس فرواکسیدان: اکسیدکننده گوگرد و آهن هردو

☐ اکسیدکننده گوگرد در انحلال فلز تأثیری ندارد اما وجودش برای نگه داشتن

محیط در حالت اسیدی و تولید سولفات نیاز است.

☐ هیدروژن اسید نقشی در انحلال ندارد.

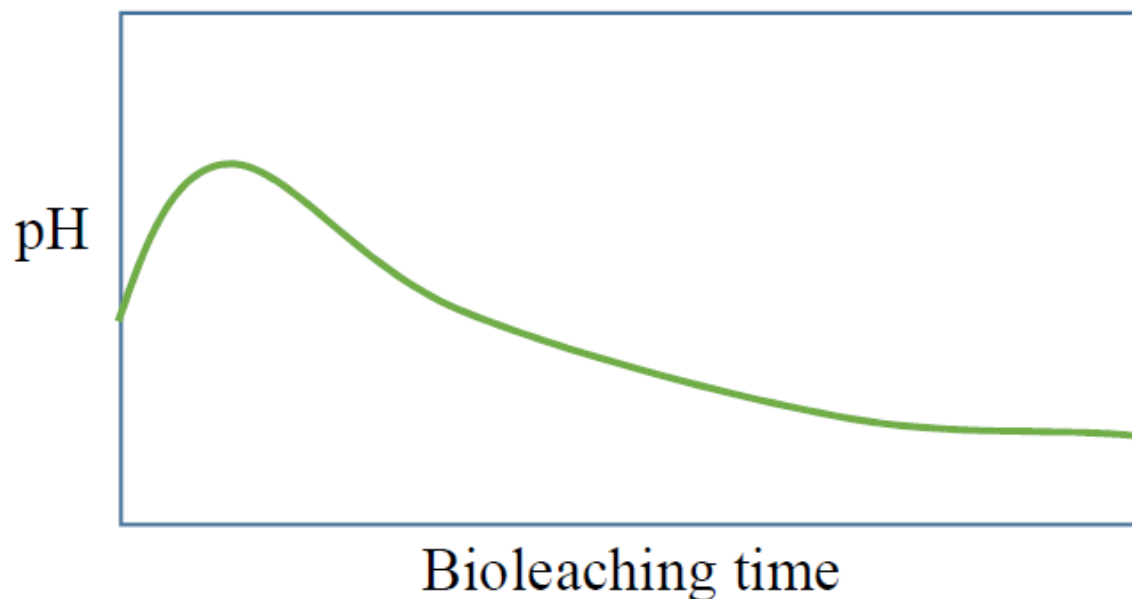
اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی



اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ مزایای انحلال گوگرد:

1. تشکیل اسید سولفوریک (عامل لیچینگ) و کاهش مصرف
2. ایجاد محیط اسیدی مناسب جهت رشد باکتری‌های اسیدوفیل
3. اسیدی نمودن محیط، جهت جلوگیری از رسوب یون فریک
4. جلوگیری از غیرفعال شدن سطح کانی سولفیدی



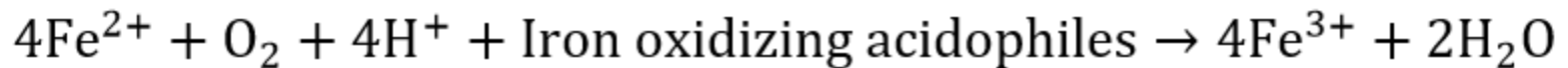
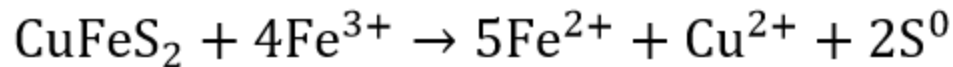
- در ساعات اولیه بیولیچینگ، pH افزایش دارد. هنوز باکتری‌ها در فاز تأخیر هستند و باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد شروع به کار نکرده‌اند.
- یک سری از کانی‌ها شروع به مصرف H^+ می‌کنند و pH بالا می‌رود تا زمانی که باکتری به سر وقت آنها بیاید.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

❑ Mesophile iron oxidizing bacteria

- ✓ *Thiobacillus ferrooxidans*
- ✓ *Leptospirillum ferrooxidans*

❑ فرآیند انحلال کالکوپیریت



❑ Mesophile sulfur oxidizing bacteria

- ✓ *Thiobacillus thiooxidans*
- ✓ *Thiobacillus ferrooxidans*

تمام گونه‌های این باکتری، اسیددوست نیستند.

Acidithiobacillus ferrooxidans

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

❑ باکتری *T. ferrooxidans* در پتانسیل اکسیداسیون/احیای 800 mV بهترین رشد را دارد.

❑ باکتری *L. ferrooxidans* در پتانسیل اکسیداسیون/احیای 950 mV بهترین رشد را دارد.

❑ بنابراین، در ابتدای عملیات بیولیچینگ، رشد *T. ferrooxidans* غلبه می‌کند. اما، با گذشت زمان و افزایش غلظت یون فریک، رشد *L. ferrooxidans* بیشتر می‌شود.

❑ این باکتری‌ها، از نوع اتوتروف هستند که CO_2 را به قند، آمینو اسید و سایر زیست‌مولکول‌ها تبدیل می‌کنند.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

انواع باکتری‌های مورد استفاده و دماهای مناسب رشد آن‌ها

Table 10.1. Acidophiles in mineral sulfide concentrate processing at different temperatures. The estimated proportions of species refer to continuous cultures and to primary reactors where several were in series

Mineral concentrate	Temperature (°C)	Major types in populations		
Pyrite/arsenopyrite ^a	40	<i>Leptospirillum ferrooxidans</i> (48–57%)	<i>Acidithiobacillus thiooxidans</i> / <i>At. caldus</i> (26–34%)	<i>At. ferrooxidans</i> (10–17%)
Mixed sulfides ^b	45	<i>At. caldus</i> (65%)	<i>L. ferrooxidans</i> (29%)	<i>Sulfobacillus</i> sp. (6%)
Nickel concentrate ^c	49	<i>At. caldus</i> (63%)	<i>Acidimicrobium</i> sp. (32%)	<i>Sulfobacillus</i> sp. (4%)
	55	<i>Sulfobacillus</i> sp. (93%)	<i>At. caldus</i> (5%)	<i>Acidimicrobium</i> sp. (2%)
Chalcopyrite ^d	75–78	“ <i>Sulfolobus</i> ” sp. (59%)	<i>Metallosphaera</i> sp. (1) (34%)	<i>Metallosphaera</i> sp. (2) (5%)

^aFairview and São Bento industrial plants (Dew et al. 1997).

^bMintek pilot plant (Okibe et al. 2003).

^cWarwick University laboratory scale (Cleaver and Norris, unpublished data).

^dWarwick University laboratory scale, HIOX culture (Norris, unpublished data).

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

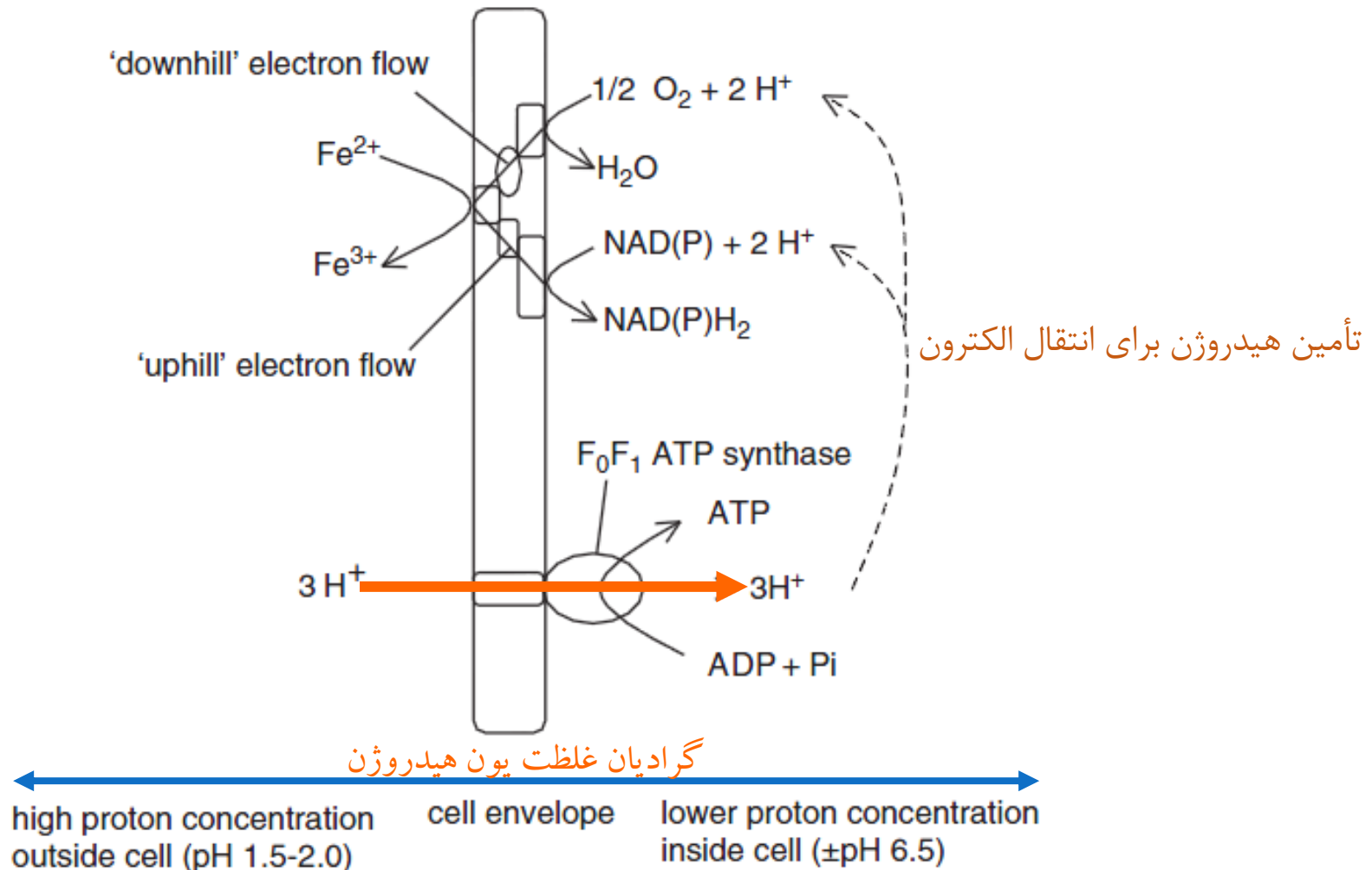


Fig. 9.2. The high proton concentration outside the cell serves as the proton motive force for the synthesis of ATP via an F_0F_1 ATP synthase. It also facilitates “uphill” electron flow required for the synthesis of NAD(P)H_2 for the reduction of fixed CO_2 to compounds required for the production of cell mass

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

شکل ۲-۹- غشای باکتری را نشان می‌دهد.

همانطور که گفته شد، یون فریک عامل انحلال است و یون هیدروژن قدرت انحلال ندارد اما یون هیدروژن مورد نیاز است.

یکی از کمک‌هایی که یون هیدروژن می‌کند ایجاد گرادیان غلظت یون هیدروژن برای اسیدی کردن محیط است.

همین گرادیان طبق معادله نرنست تولید انرژی می‌کند و به صورت ATP ذخیره می‌شود.

هیدروژن اگر نباشد، انتقال الکترون با مشکل مواجه می‌شود.

اگر هیدروژن در سیستم وجود نداشته باشد، NAD هم با مشکل مواجه می‌شود.

این NAD در نهایت باید الکترون را به اکسیژن بدهد.

اکسیژن هم در نهایت با هیدروژن ترکیب و تبدیل به آب می‌شود. پس یون هیدروژن بسیار مهم است.

بنابراین هم یون هیدروژن هم یون فریک مورد نیاز هستند. همچنین هم باکتری‌های اکسیدکننده

آهن برای تولید یون فریک هم باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد برای تولید اسید مورد نیاز هستند.

معادله نرنست (Nernst equation)

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln Q$$

E = reduction potential

E^0 = standard potential

R = universal gas constant

T = temperature in kelvin

z = ion charge (moles of electrons)

F = Faraday constant

Q = reaction quotient

The Nernst equation



❖ The Nernst equation gives

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}_2]} \right)$$

❖ For 1 atm. hydrogen gas

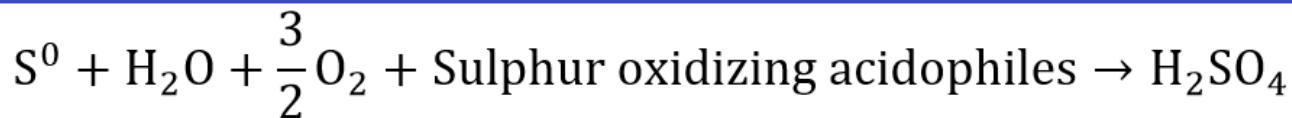
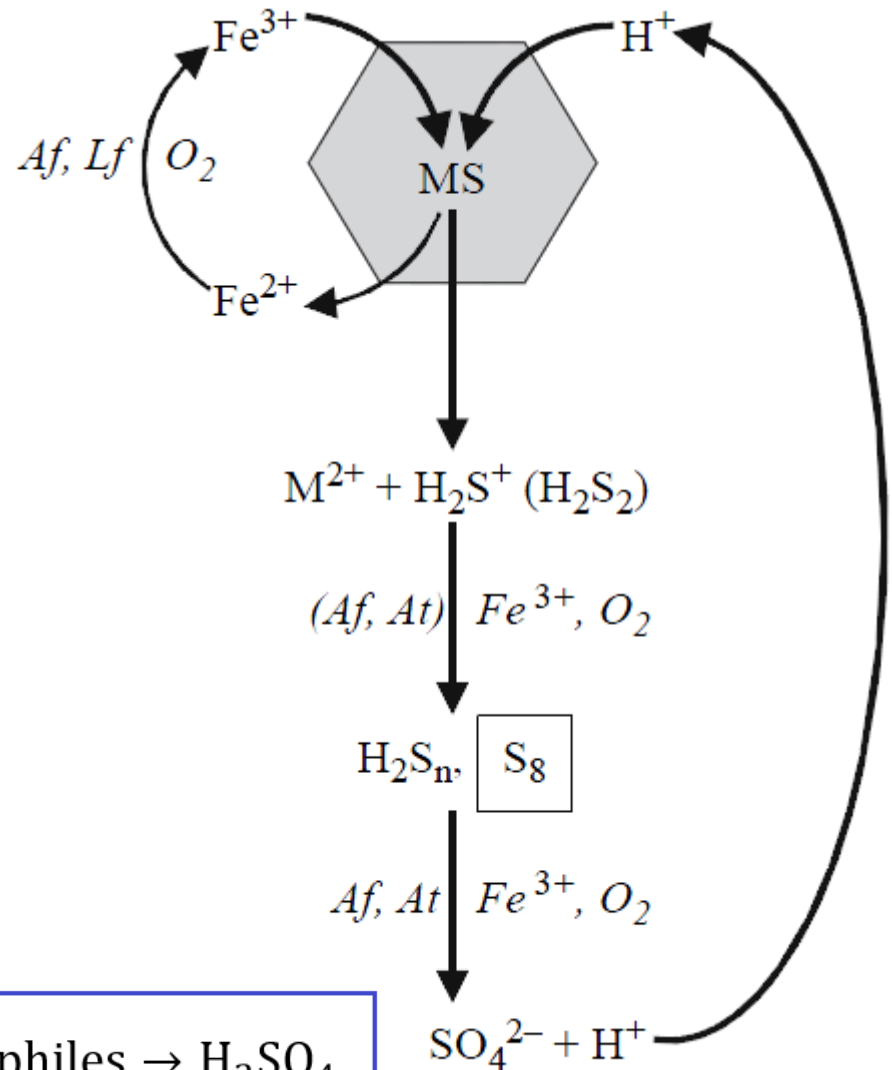
$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln [\text{H}^+]$$

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ Polysulfide pathway

□ حضور یکی از باکتری‌های اکسیدکننده آهن یا گوگرد ضروری است.

□ اکسیداسیون گوگرد عنصری، فقط به کمک باکتری *A.t.* امکان‌پذیر است.

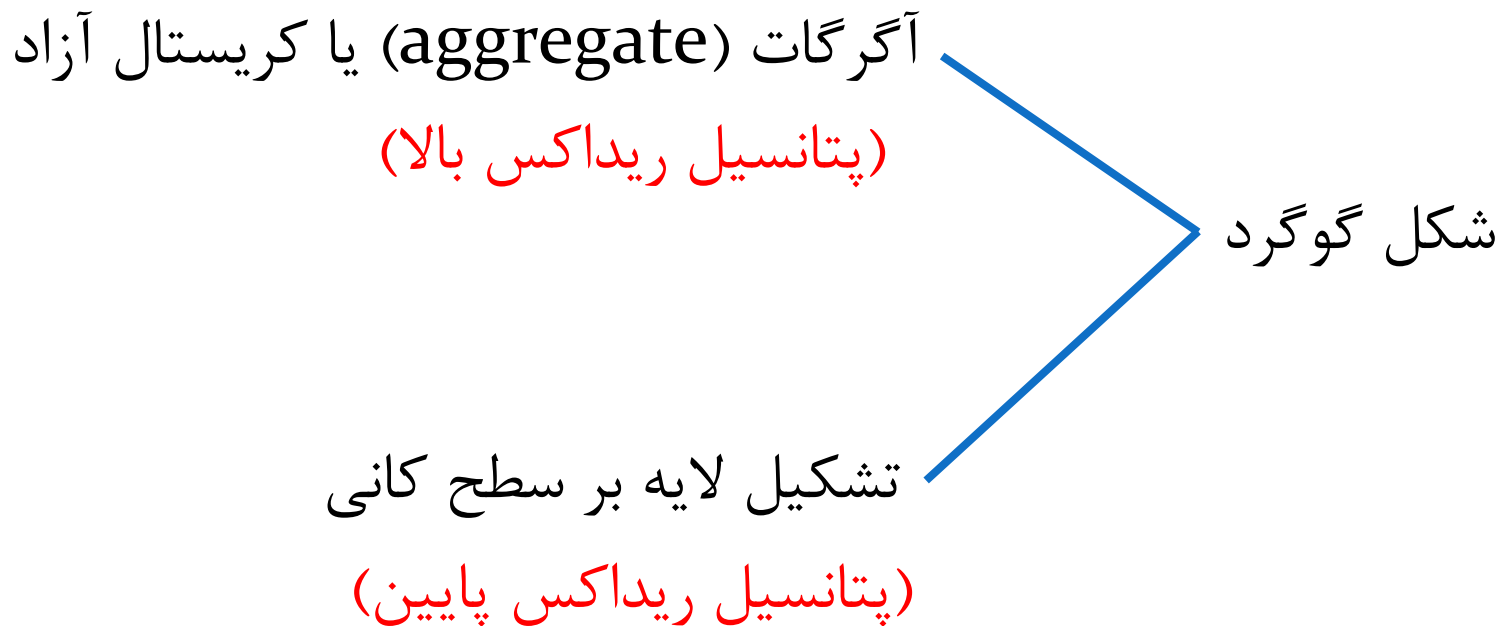


❑ Polysulfide pathway

- ❑ در مسیر پلی‌سولفید، علاوه بر چرخه یون فریک، یک چرخه یون هیدروژن هم وجود دارد که آمده است تا به انحلال کمک کند.
- ❑ به سبب آنکه انحلال هم می‌تواند با اسید انجام شود هم با یون فریک، بنابراین هر کدام در سیستم موجود باشند مناسب است و اگر هر دو با هم حضور داشته باشند، سرعت انحلال بسیار بالاتر می‌رود.
- ❑ در مرحله اول، هیدروژن سولفید تشکیل می‌شود.
- ❑ باکتری‌ها دست‌بردار نیستند مرتباً اکسید می‌کنند تا گوگرد عنصری در نهایت تبدیل به اسید سولفوریک شود.

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ تأثیر گوگرد تولیدشده بر سینتیک عملیات



- ❖ آگرگات ضرر زیادی ندارد. اگر بچسبد به سختی جدا می‌شود.
- ❖ گوگرد جز مواد عایق و نارسانا است.
- ❖ وجود گوگرد عنصری در سیستم مناسب نیست (باعث توقف عملیات می‌شود).
- ❖ برای بالا بردن پتانسیل ریداکس، باکتری‌ها باید بیایند و فعالیت بسیار بالایی داشته باشند که خود این مسئله مضر است و باعث تشکیل رسوبات ژاروسیتی در سیستم می‌شود.
- ❖ بنابراین، پتانسیل ریداکس نباید بسیار بالا یا بسیار پایین باشد.

ژاروسیت (جاروسیت) (Jarosite)



☐ Jarosite is a basic hydrous sulfate of potassium and ferric iron (Fe-III) with a chemical formula of $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$.

☐ This sulfate mineral is formed in ore deposits by the oxidation of iron sulfides.

☐ Jarosite is often produced as a byproduct during the purification and refining of zinc and is also commonly associated with acid mine drainage and acid sulfate soil environments.

☐ جاروسیت یک سولفات آبدار پایه از پتاسیم و آهن فریک (Fe-III) با فرمول شیمیایی $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ است.

☐ این کانی سولفاتی در ذخایر کانسنگ (کانسارها) از اکسیداسیون سولفیدهای آهن تشکیل می‌شود.

☐ جاروسیت اغلب به عنوان یک محصول جانبی در طی تخلیص و پالایش روی تولید می‌شود و همچنین معمولاً با زهاب اسیدی معدن و محیط‌های خاک سولفات اسید همراه است.

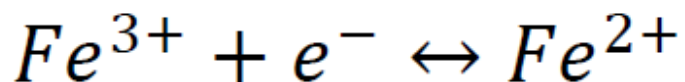
ژاروسیت (جاروسیت) (Jarosite)



- ❑ Jarosite on quartz from the Arabia District, Pershing County, Nevada

اکسیداسیون باکتریایی کانی‌های سولفیدی

□ معادله نرنست (Nernst's equation)

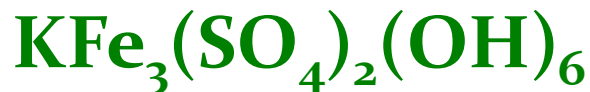


$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

□ از ORP (Oxidation-Reduction Potential) محلول برای تخمین

میزان **فعالیت باکتری** استفاده می‌شود.

□ بالا رفتن پتانسیل ریداکس باعث تشکیل **رسوبات جاروسیتی** می‌شود.



THE END



Thank You

