ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ།

རིགས་རྒྱས་དང་ཕྲ་ཕྱུང་།

EMORY UNIVERSITY

LIBRARY of Tibetan Works & Archives

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱིས་པར་སྐྲུན་འདོན་སྤེལ་བྱས།

ETSI Life Sciences Primer II

Genes and Cells

Written and organized by **Dr. Arri Eisen**
Translated by **Geshe Dadul Namgyal**

Emory - Tibet Science Initiative

SCIENCE PRIMERS

ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ།

རིགས་རྫས་དང་སྤྲ་ཁྲུང་།

སློབ་དཔོན་ཨ་རི་ཨཡི་ཛོན་གྱིས་རྩོམ་སྒྲིག་བྱས།
དགེ་བཤེས་དགྲ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ་གྱིས་བསྒྱུར།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ།
ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ།

(སློབ་དེབ་འདི་ནི་ཨེ་མོ་རིའི་སློབ་དཔོན་རྣམས་ཀྱིས་རྩོམ་སྒྲིག་མཛད་ཅིང་། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གཉིས་ཀྱིས་བོད་བསྒྱུར་ཞུས།)
པར་བསྐྲུན་བདག་དབང་། ༢༠༡༡ ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་།
བོད་འགྱུར་པར་བསྐྲུན་བདག་དབང་། ༢༠༡༡ ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་།

ལས་གཞི་འདི་ནི་རྒྱ་གར་ཧ་རམ་ས་ལར་ཡོད་པའི་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་དང་། ཨ་རིའི་མངའ་སྡེ་ཇོར་ཇི་ཡའི་གྲོང་ཁྱེར་ཨེ་ཊེ་ལན་ཊཊར་ཡོད་པའི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གཉིས་ཀྱི་མཉམ་འབྲེལ་གྱི་ལས་གཞི་ཞིག་ཡིན།

(Book authored by Emory faculty with Tibetan translation created by Emory and LTWA)
Copyright 2011, Emory University.
Tibetan translation, Copyright 2011, Emory University.

A joint project of the Library of Tibetan Works and Archives, Dharamsala, India and Emory University, Atlanta, Georgia.

གཙོ་འགན་རྩོམ་བྲིས་པ། ཨ་རི་ཨཡི་ཛོན།

རྩོམ་སྒྲིག་ལས་རོགས། རསི་ཏམ་ཨེན་ཊིཡ། ཀིརིསི་བེཀ། ཨེ་ལེཀསི་ཨེསི་ཀོ་བྷར། ཝེ་རོ་ནིཀ་པེ་རོཊ།

ཡིག་སྒྱུར་པ། དགེ་བཤེས་དགྲ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ།

རྒྱབ་ཤོག་དང་དཔེ་གཟུགས་རྩུས་འགོད་པ། ཨ་ཇེའི་པི་ལ་རི་སེཊ་ཊི། སྒོ་དམར་སངས་རྒྱས་བཀྲ་ཤིས།

པར་རིས་མཁོ་འདོན་པ། ཞ་བྱི་འར་བྷི་ནསི།

Main Writer : Arri Eisen

Contributors: Rustom Antia, Chris Beck, Alex Escobar and Veronique Perrot

Translator: Geshe Dadul Namgyal

Layout and Cover design: Ajay Pillarisetti & Sangey Tashi Gomar

Illustrations and material consultant: Xavier Vinas

སྔོན་གླེང་དང་ལེགས་གསོལ།

Foreword and acknowledgements

THE DALAI LAMA

FOREWORD

Despite their obvious differences, science and Buddhism share several key features in common. Both are committed to empirical observation, the testing of hypotheses, avoiding blind adherence to dogma, and cultivating a spirit of openness and exploration. Most importantly, Buddhism and science share as a fundamental aim the contribution they can make to humanity's well-being. While science has developed a deep and sophisticated understanding of the material world, the Buddhist tradition has evolved a profound understanding of the inner world of the mind and emotions and ways to transform them. I have no doubt that improving collaboration, dialogue and shared research between these two traditions will help to foster a more enlightened, compassionate, and peaceful world.

I have long supported the introduction of a comprehensive science education into the curriculum of the traditional Tibetan monastic educational system. When I first heard that Emory University proposed to develop and implement such a science education program for Tibetan monks and nuns in collaboration with the Library of Tibetan Works and Archives, I thought it would take many years. When I visited Emory University in October 2007, I was genuinely surprised to be presented with the first edition of a science textbook for Tibetan monks and nuns, the result of more than a year's work by a team of dedicated scientists and translators at Emory.

By extending the opportunities for genuine dialogue between science and spirituality, and by training individuals well versed in both scientific and Buddhist traditions, the Emory-Tibet Science Initiative has the potential to be of great meaning and significance to the world at large. Once more, the creation of this primer series, presented in both Tibetan and English, is a clear tribute to the commitment and dedication of all those involved in this project. With the preparation having been done with such care, I am confident that the long-term prospects for this project are bright.

I congratulate my friend Dr. James Wagner, President of Emory University, the science faculty and translators of the Emory-Tibet Science Initiative, and everyone who has lent their support to this project for achieving so much in such a short time and offer you all my sincere thanks.

4 October 2010

Translation

THE DALAI LAMA

སྔོན་གླེང་།

ཚན་རིག་དང་ནང་ཆོས་གཉིས་དབར་མཚན་གསལ་དོད་པའི་ཁྱད་པར་ཡོད་པ་དེ་ལྟར་ཡང་། འདི་གཉིས་ཀར་གནད་ཆེ་བའི་ཁྱད་ཆོས་ཐུན་མོང་བ་ཡང་མང་དག་ཅིག་ཡོད་པ་སྟེ། ཕྱོགས་གཉིས་ཀས་སྒྲུང་བ་མངོན་སུམ་ལ་བརྟེན་པའི་འཚོལ་ཞིབ་བྱེད་པ་དང་། ཚོད་རྩིས་ལ་དངོས་བཤེར་བྱེད་པ། ལྟ་གྲུབ་ལ་རྫོངས་ཞེན་སྤོང་བ། དཀྱིལ་ཡངས་དང་འཚོལ་ཞིབ་ཀྱི་སྙིང་སྟོབས་སྐྱེད་པ་བཅས་ལ་ཚད་འཛིན་བྱེད་པ་དེ་རེད། དེ་བས་ཀྱང་གལ་ཆེ་བ་ཞིག་ནི་ནང་ཆོས་དང་ཚན་རིག་གཉིས་ཀར་མིའི་རིགས་ཀྱི་བདེ་ཐབས་ཐད་རང་ནུས་གང་ཡོད་ཀྱིས་ཞབས་འདེགས་ཞུ་རྒྱུའི་གཞི་རྩའི་དམིགས་ཡུལ་འདི་གཅིག་མཚུངས་སུ་ཡོད་པ་དེ་རེད། ཚན་རིག་ལ་ཕྱིའི་དངོས་པོའི་འཇིག་རྟེན་ཐད་ལ་གཏིང་ཟུགས་ཤིང་གཞན་དྲིང་མི་འཇོག་པའི་གོ་རྟོགས་ཤིག་རྙེད་ཡོད་པ་དང་དུས་མཚུངས་སུ། ནང་པའི་ལྟ་གྲུབ་ལ་ཡང་ནང་སེམས་ཀྱི་འཇིག་རྟེན་དང་རྟོགས་ཚོར། དེ་དག་བློ་སྦྱོང་བྱེད་ཐབས་སོགས་ཀྱི་ཐད་ལ་ཟབ་ཅིང་བརླིང་བའི་གོ་རྟོགས་རྙེད་ཡོད། དེར་བརྟེན། སྲོལ་རྒྱུན་འདི་གཉིས་དབར་གྱི་མཉམ་ལས་དང་། བགྲོ་གླེང་། མཉམ་དཔྱོད་ཀྱི་བྱ་གཞག་སོགས་གོང་འཕེལ་གཏོང་བ་བརྒྱུད་ནས་དེ་ལྟ་ལས་ཀྱང་གོ་རྟོགས་གསལ་ཞིང་། སྙིང་རྗེས་ཁྱབ་པ། ཞི་བདེ་ཅན་གྱི་འཇིག་རྟེན་ཞིག་བསྐྲུན་ཐུབ་པར་ང་ལ་ཐེ་ཚོམ་མི་འདུག

བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེ་ཁག་གི་རྒྱུན་སྲོལ་ཤེས་ཡོན་ལམ་ལུགས་ཀྱི་སློབ་ཚན་ཁྲོད་དུ་ཚན་རིག་གི་སློབ་ཚན་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་ངོ་སྤྲོད་བྱེད་རྒྱུའི་ཐད་ལ་ངས་དུས་ཡུན་རིང་པོ་ཞིག་ནས་རྒྱབ་སྐྱོར་བྱས་པ་ཡིན། དང་ཐོག་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དང་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གཉིས་མཉམ་འབྲེལ་གྱིས། བོད་ཀྱི་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ཚན་རིག་སློབ་སྦྱོང་གི་ལས་རིམ་ཞིག་འཆར་འགོད་དང་ལག་བསྟར་བྱེད་རྒྱུ་ཡིན་སྐོར་ཐོས་སྐབས། དེ་ནི་ལོ་མང་འགོར་དེས་ཀྱི་ལས་གཞི་ཞིག་རེད་བསམས་བྱུང་། དེ་ནས་༢༠༠༧ལོའི་ཟླ་༡༠ པའི་ནང་ང་རང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་ལ་བསྐྱོད་སྐབས། ལོ་གཅིག་ལྷག་ཙམ་གྱི་དུས་ཡུན་ནང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གྲྭའི་ཆེད་ལས་ཚན་རིག་པ་རྣམས་དང་ལོ་ཙཱ་བ་རྣམས་ཀྱིས་འབད་པ་བྱས་པའི་གྲུབ་འབྲས་ཏེ། གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ཆེད་དུ་བསྒྲིགས་པའི་ཚན་རིག་སློབ་དེབ་ཐོག་མ་དེ་བསྟན་བྱུང་བས། དངོས་གནས་ཡིད་མ་ཆེས་པ་ལྟ་བུ་ཞིག་བྱུང་།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིས་ཚན་རིག་དང་ནང་དོན་རིག་པའི་དབར་དོན་དམ་གྱི་བགྲོ་གླེང་ཡོང་བའི་གོ་སྐབས་བསྐྲུན་པ་དང་། ཚན་རིག་དང་ནང་རིག་པ་གཉིས་ཆར་བྱང་ཆུབ་པའི་སྐྱེ་བོ་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་པ་བཅས་བརྒྱུད་ནས། འཛམ་གླིང་སྤྱི་ལ་གལ་འགངས་ཆེ་བ་དང་དོན་སྙིང་ལྡན་པའི་ལས་རིམ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་པའི་ནུས་པ་ལྡན་ཡོད། ད་ཆ་སྔར་ཡང་བོད་དབྱིན་ཤན་སྦྱར་དུ་ཡོད་པའི་ཚན་རིག་གི་ཐོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདི་དག་བསྒྱུར་སྒྲུན་ཐུབ་པ་འདི། ལས་རིམ་འདིར་གཏོགས་པའི་སྐྱེ་བོ་ཀུན་གྱི་ཆོད་སེམས་དང་ལྷག་བསམ་གྱི་ཆེ་བ་གསལ་བོར་མཚོན་པ་ཞིག་རེད། འདི་ལྟའི་དོ་ཁུར་ཆེན་པོས་གྲུ་སྒྲིག་བྱས་པས། ལས་རིམ་འདིའི་འབྱུང་འགྱུར་ནི་འོད་སྣང་ལྡན་པ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་རྒྱུར་ང་ལ་གདེང་ཚོད་འདུག

ངས་རང་ཉིད་ཀྱི་གྲོགས་པོ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་སྐུ་ཞབས་ཇེམ་སི་ཝེག་ནར་དང་། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ཚན་རིག་སློབ་དཔོན་རྣམ་པ། ལོ་ཙཱ་བ་རྣམ་པ། གཞན་ཡང་ལས་རིམ་འདི་ཉིད་ལ་རྒྱབ་སྐྱོར་གནང་མཁན་ཡོངས་ལ་དུས་ཡུན་ཐུང་ཐུང་འདི་འདྲ་ཞིག་གི་ནང་དུ་འདི་ལྟའི་ལེགས་གྲུབ་བྱུང་བར་ལེགས་གསོལ་དང་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

ཏཱ་ལའི་བླ་མས།

༢༠༡༠ ལོའི་ཟླ་༡༠ ཚེས་༩ ཉིན།

EMORY

Office of the President

Education is one of the most potent tools we have for ensuring a better world for ourselves and for generations to come. To be truly effective, however, education must be used responsibly and in service to others. This ideal of an education that molds character as well as intellect is the vision on which Emory University was founded, and the challenges of our time show that the need for such education is as great as ever.

This vision is one that His Holiness the Dalai Lama shares deeply, and it is the reason for the close relationship that has emerged between His Holiness and Emory over the past two decades. On October 22, 2007, it was my pleasure and privilege to welcome His Holiness to Emory to be installed as Presidential Distinguished Professor and to join our community as a most distinguished member of our faculty.

The interdisciplinary and international nature of the Emory-Tibet Science Initiative, the most recent and ambitious project of the Emory-Tibet Partnership, is an example of Emory University's commitment to courageous leadership for positive transformation in the world. This far-reaching initiative seeks to effect a quiet revolution in education. By introducing comprehensive science instruction into the Tibetan monastic curriculum, it will lay a solid foundation for integrating insights of the Tibetan tradition with modern science and modern teaching, through genuine collaboration and mutual respect. The result, we trust, will be a more robust education of both heart and mind and a better life for coming generations.

The Emory-Tibet Partnership was established at Emory in 1998 to bring together the western and Tibetan traditions of knowledge for their cross-fertilization and the discovery of new knowledge for the benefit of humanity. This primer and its three companion primers are splendid examples of what can be accomplished by the interface of these two rich traditions. We at Emory University remain deeply committed to the Emory-Tibet Science Initiative and to our collaboration with His Holiness and Tibetan institutions of higher learning.

To the monastic students who will benefit from these books, I wish you great success in your studies and future endeavors.

James W. Wagner

James W. Wagner
President

Emory University
Atlanta, Georgia 30322
An equal opportunity, affirmative action university

Translation

EMORY | Office of the President

ཤེས་ཡོན་ནི་ང་ཚོ་རང་ཉིད་དང་ཇེ་ས་རབས་པ་དག་ལ་འཚོ་གནས་ཀྱི་ཁོར་ཡུག་ལེགས་པོ་ཞིག་བསྐྲུན་པར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ལག་ཆ་གལ་ཆེ་ཤོས་གྲས་ཤིག་ཡིན། དེ་ལྟ་ནའང་། ཤེས་ཡོན་དེ་ཉིད་དོན་དམ་པའི་ནུས་ལྡན་ཞིག་ཏུ་བསྒྱུར་བ་ལ་དེ་ཉིད་འགན་འཁུར་གྱི་བསམ་པས་ཟིན་ཞིང་གཞན་ཕན་གྱི་ཆེད་དུ་བཀོལ་དགོས་པ་ཡིན། ཀུན་སྤྱོད་དང་རིག་སྟོབས་གཉིས་ཀ་ལེགས་པར་སྦྱོང་བའི་ཡུལ་ལྗུང་གི་ཤེས་ཡོན་དེ་འདྲ་ཞིག་སྤེལ་རྒྱུ་ནི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་འདི་བཙུགས་པའི་ཐུགས་བསམ་ཡིན་ལ་ང་ཚོའི་ད་ལྟའི་དཀའ་རྙོག་དག་གིས་དེ་ལྟའི་ཤེས་ཡོན་གྱི་རྣམ་པ་དེ་ནི་དུས་ཀུན་ཏུ་དགོས་མཁོ་ཆེན་པོ་ཞིག་ཡིན་པ་སྟོན་བཞིན་ཡོད།

འདི་ནི་༧སྐྱབས་མགོན་༧གོང་ས་ཏཱ་ལའི་བླ་མ་མཆོག་གིས་ཀྱང་གཙིགས་སུ་བཟུང་བའི་ཐུགས་བསམ་ཞིག་ཡིན་ལ། འདས་པའི་བགྲང་བྱ་བཅུ་ཕྲག་གཉིས་ལྷག་གི་རིང་ལ་༧གོང་ས་མཆོག་དང་ཨེ་མོ་རི་གཉིས་དབར་འབྲེལ་བ་ཟབ་མོ་ཞིག་བྱུང་བའི་རྒྱུ་མཚན་ཡང་འདི་ཉིད་ཡིན། ཕྱི་ལོ་ ༢༠༠༧ ལོའི་ཟླ་༡༠ ཚེས་ ༢༢ ཉིན་༧གོང་ས་མཆོག་ཨེ་མོ་རིའི་ཁྱད་འཕགས་གཙུག་ལག་སློབ་དཔོན་ཆེན་མོར་མངའ་གསོལ་དང་། ང་ཚོའི་ཚོགས་སྡེ་འདིའི་ཆེས་ཁྱད་དུ་འཕགས་པའི་སློབ་དཔོན་དུ་བཞུགས་པར་ཞལ་བཞེས་བསྩལ་ཞུ་ཐུབ་པ་བྱུང་བ་ནི་བདག་གི་སྤྲོ་སྣང་དང་བསོད་ནམས་ཡིན།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་མཐུན་ཚོགས་ཀྱི་ཆེས་གསར་བ་དང་ཆེས་མངོན་འདོད་ཆེ་བའི་ལས་རིམ་སྟེ། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་རིག་གཞུང་སྣ་མང་དང་རྒྱལ་སྤྱིའི་རང་བཞིན་གྱི་རྣམ་པ་འདི་ནི་འཛམ་གླིང་འདི་ཉིད་ལེགས་ཕྱོགས་སུ་ཁ་ལོ་བསྒྱུར་བར་སྣེ་སྟོན་ཆེན་པོས་སྣེ་ཁྲིད་རྒྱུའི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཚོད་སེམས་མཚོན་པའི་དཔེ་མཚོན་ཞིག་ཡིན། ཕྱུགས་རྒྱང་རིང་བའི་ལས་རིམ་འདིས་ཤེས་ཡོན་གྱི་ལོ་རྒྱུས་ཁྲོད་དུ་གསར་བརྗེ་འཛམ་པོ་ཞིག་བསྐྲུན་པར་སྟེག་གིན་ཡོད། བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེའི་སློབ་གསོའི་ཁྲོད་དུ་ཚན་རིག་གི་སློབ་ཚན་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་ངོ་སྤྲོད་བྱེད་པ་འདིས། དོན་དམ་པའི་མཉམ་ལས་དང་བརྟན་ཚུགས་བརྩེ་བཀུར་བྱེད་པ་བརྒྱུད། དེང་རབས་ཚན་རིག་དང་དེང་རབས་སློབ་ཁྲིད་ཐབས་ལམ་གཉིས་བོད་ཀྱི་སྲོལ་རྒྱུན་རིག་གནས་ཀྱི་ལེགས་བྱང་དག་དང་འགལ་མེད་གྲོགས་སུ་འཕྲེར་བར་རྨང་གཞི་བརྟན་པོ་ཞིག་འདིང་ངེས་རེད། འདིའི་མཇུག་འབྲས་སུ་བྱམས་བརྩེ་དང་རྣམ་དཔྱོད་གཉིས་ཀ་སྤར་བས་ཀྱང་ལེགས་པར་སྦྱོང་བའི་སློབ་གསོ་ཞིག་བཀོད་སྒྲིག་འཐོན་རྒྱུ་དང་། འབྱུང་འགྱུར་མི་རབས་དག་གི་འཚོ་བ་ཇེ་ལེགས་སུ་འགྱུར་རྒྱུ་ཡིན་པར་ང་ཚོས་ཡིད་ཆེས་བྱེད་ཚོག

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་མཐུན་ཚོགས་འདི་ནི་འགྲོ་བ་མིའི་ཕན་ཐབས་ཀྱི་ཆེད་དུ་ནུབ་ཕྱོགས་དང་བོད་ཀྱི་སྲོལ་རྒྱུན་ཤེས་བྱ་གཉིས་གཞི་གཅིག་ཏུ་འཛོམས་ནས་ཕན་ཚུན་ལེགས་ཆ་སྤེལ་རེས་དང་གོ་རྟོགས་གསར་སྤེལ་བྱེད་པའི་ཆེད་ཕྱི་ལོ་༡༩༩༨ལོར་ཨེ་མོ་རིར་དབུ་བརྙེས་ཤིང་། སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདི་དང་གཞན་གསུམ་པོ་དེ་ནི་སྲོལ་རྒྱུན་ཟབ་མོ་འདི་གཉིས་འབྲེལ་འདྲེས་བྱས་ན་ཅི་ཞིག་མངོན་འགྱུར་ཐུབ་མིན་གྱི་དཔེར་མཚོན་ཡུལ་ལྗུང་ཞིག་རེད། ང་ཚོ་ཨེ་མོ་རི་ངོས་ནས་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་དང་། ༧གོང་ས་མཆོག་དང་བོད་ཀྱི་མཐོ་རིམ་སློབ་གཉེར་ཁང་དག་དང་མཉམ་འབྲེལ་གྱི་ལས་གཞི་ཁག་ལ་ཚོད་སེམས་བརྟན་པོར་གནས་ངེས་ཡིན།

སློབ་དེབ་འདི་དག་དངོས་སུ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་མཁན་གྱི་དགོན་སྡེའི་སློབ་ཕྲུག་དག་ལ་ངས་གོ་སྐབས་འདི་བརྒྱུད་ཁྱེད་ཅག་གི་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་སློབ་གཉེར་ལ་གྲུབ་འབྲས་གསུང་ཏུ་ཟ་ཞིང་བྱ་བ་ལམ་ལྷོང་ཡོང་བའི་སྨོན་འདུན་ཞུ་བ་ཡིན།

ཇེམ་སི་ཤྭེག་ནར།
གཙོ་འཛིན།

Emory University
Atlanta, Georgia 30322
An equal opportunity, affirmative action university

Prologue

It is most gratifying to be able to bring out a series of core science textbooks along with reference materials for Tibetan monastics as part of the ongoing project of developing science education for Tibetan monastic communities. This undertaking, which is both unprecedented and highly challenging, took birth under the aegis of His Holiness the Dalai Lama and Emory University. To facilitate its smooth development, we have been working to produce appropriate materials and make them available in print forms. Our vision is ultimately to develop a comprehensive, five-year science curriculum appropriate for use in Tibetan monastic settings.

It is a great honor for the three of us to play a part in overseeing this project. While each of us finds great inspiration for this project and the promise its holds, the full scope of its vision lies with His Holiness the Dalai Lama. For several decades, His Holiness has had the dream of introducing science education as a crucial component of the Tibetan monastic curriculum. While this is a bold step, His Holiness sees far-reaching benefits in such an undertaking. The integration of science into Tibetan monastic study will serve as a model and a trailblazer for constructive collaborations between religious and scientific traditions. It will help to inspire a paradigm shift in modern education as we know it, by providing resources for integrating the training of both heart and intellect to create a balanced education of the whole person. Furthermore, it will create a new science literature in the Tibetan language, thereby enriching the already extensive Tibetan literary tradition and helping to preserve the endangered Tibetan culture. This project represents a significant step towards a genuine convergence of science and spirituality. This convergence, which would enable us to tap into the combined resources of knowledge of the external world and knowledge of the inner world of the mind, could prove crucial for our future survival.

We are deeply honored, grateful, and humbled by the trust and confidence His Holiness has shown in us by entrusting us with this project, so dear to his heart. We thank him for his constant guidance, vision and support at every step of the way. Furthermore, we thank all those who have made the Emory-Tibet Science Initiative possible. Our role has simply been to oversee ETSI, but its actualization is due to many others, most notably the tireless and selfless ETSI faculty, our incredible team of translators both at Emory University and at the Library of Tibetan Works and Archives, and the administrators and staff of Emory and LTWA, who have supported this ambitious undertaking in countless ways. Crucially, this project has depended upon generous financial support from Emory University and a number of key donors: the McBean Family Foundation, the Lostand Foundation, the Joni Winston Fund, the Buddhist Learning Center, and Drepung Loseling Monastery, Inc. To all these individuals and organizations, we would like to express humbly our deepest gratitude and thanks

Geshe Lhakdor
Director, Library of Tibetan Works and Archives
Dr. Preetha Ram and Geshe Lobsang Tenzin
Co-Directors, Emory-Tibet Science Initiative

ཆེད་བརྗོད།

བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེ་ཁག་ཏུ་ལག་བསྟར་བྱ་རྒྱུའི་ཚན་རིག་སློབ་ཚན་གཏན་འབེབས་ཀྱི་ད་ལྟའི་ལས་གཞི་འདིའི་ཆ་ཤས་སུ་གྱུར་པའི་ཚན་རིག་དེབ་ཕྲེང་ཁག་ཅིག་དང་ཟུར་བརྟའི་སློབ་དེབ་ཁག་ཅིག་དཔར་སྐྲུན་ཞུས་ཐུབ་པར་ཡི་ཆེམས་ཤིང་དགའ་སྤྲོས་ཁེངས། བྱུང་རབས་ལོ་རྒྱུས་ནང་ཐོག་དང་པོར་བྱུང་ཞིང་དཀའ་བ་དང་དུ་བླངས་ཏེ་བསྒྲུབ་དགོས་པའི་ལས་གཞི་འདི་བཞིན་སྒྲི་ནོར་༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཏཱ་ལའི་བླ་མ་མཆོག་དང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གཉིས་ཀྱི་ལམ་སྟོན་རྒྱབ་སྐྱོར་འོག་ཐོག་མར་འགོ་ཚུགས། ཐུགས་བསམ་བཞིན་ལས་དོན་རྣམས་བདེ་བར་འགྲུབ་པའི་ཕྱོགས་སུ་དེང་ཚེས་འབྲེལ་ཡོད་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་འཚོལ་སྒྲུབ་ཕྱོགས་སྒྲིག་དང་འབྲེལ་རིམ་གྱིས་དཔེ་དེབ་དཔར་སྐྲུན་བྱེད་རྒྱུར་འབད་བརྩོན་བྱེད་བཞིན་ཡོད། ང་ཚོའི་དམིགས་ཡུལ་ནི་བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེའི་གནས་བབ་ལ་རན་པའི་ལོ་ཕྲའི་ཚན་རིག་སློབ་ཚན་འཛུགས་ཚང་ཞིག་བཀོད་སྒྲིག་བྱ་རྒྱུ་དེ་ཡིན། ལས་གཞི་འདིའི་ལྟ་རྟོག་པའི་ངོ་བོའི་ཐོག་ནས་གལ་ཆེའི་ཞབས་ཞུ་བསྒྲུབ་རྒྱུ་བྱུང་བ་ནི་དེད་གསུམ་གའི་བསོད་སྐལ་ཡིན་པར་མ་ཟད། ང་ཚོའི་ངོས་ནས་ལས་གཞི་འདིའི་གལ་གནད་ལ་སྤྲོ་སྣང་འཕེལ་ཞིང་འདིའི་ཕྲབས་ཆེའི་ཕན་འབྲས་ལ་མོས་པ་ཡི་རངས་གཉེར་ཟབ་ཡོད། ལས་གཞི་འདིའི་ཐོག་མའི་འཆར་སྣང་ཡོངས་རྫོགས་༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོའི་བླ་ན་མེད་པའི་ཐུགས་རྒྱང་རིང་པོའི་དགོངས་གཞི་ལས་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན།

འདས་པའི་ལོ་ངོ་བཅུ་ཕྲག་འགའི་རིང་༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོ་མཆོག་གིས་བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེ་ཁག་ཏུ་ཚན་རིག་གི་ཤེས་བྱ་དེ་རྒྱུན་ལྡན་སློབ་ཚན་གྱི་ཆ་ཤས་སུ་འཛུགས་རྒྱུའི་ཐུགས་འདུན་ཆེན་པོ་གནང་ཡོད། ༧གོང་ས་མཆོག་གིས་ལས་གཞི་འདིར་སྙིང་སྟོབས་ཆེན་པོས་མདུན་བསྐྱོད་དགོས་པ་ཞིག་དང་ཐུགས་རྒྱང་རིང་པོར་ཁེ་ཕན་ཡོད་པ་ཞིག་ཏུ་གཟིགས་ཡོད། དགོན་སྡེ་ཁག་གི་སློབ་ཚན་ནང་ཚན་རིག་ངོ་སྤྲོད་བྱེད་རྒྱུ་དེ་ཆོས་ལུགས་དང་ཚན་རིག་སྲོལ་རྒྱུན་གཉིས་དབར་སྒྲུབ་ཕྱོགས་ཀྱི་མཉམ་ལས་བྱེད་ཚུལ་གྱི་དཔེ་མཚོན་ཞིག་དང་དངོས་སུ་མཉམ་ལས་བྱེད་པའི་ལམ་སྲོལ་གསར་པ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་ངེས། ལས་གཞི་འདིས་ད་ཡོད་ཤེས་ཡོན་ལམ་ལུགས་ལ་ཁ་ཕྱོགས་གསར་པའི་རྒྱུས་སྟོན་བྱེད་པ་བརྒྱུད་བྱམས་བརྩེ་དང་རྣམ་དཔྱོད་གཉིས་འདུས་ཀྱི་སྦྱོང་བརྡར་སྤྲད་པའི་སྒོ་ནས་མི་བྱ་གང་པོ་ཞིག་ཏུ་ཆ་སྙོམས་འཚར་ལོངས་བསྐྱེད་པར་དགེ་མཚན་འབྱུང་སྲིད། དེར་མ་ཟད། ལས་གཞི་འདིས་བོད་ཀྱི་གཞུང་ལུགས་ཁྲིད་བོད་སྐད་ནང་ཚན་རིག་ཤེས་བྱའི་ལེགས་སྐྱེས་གསར་སྟོན་བྱེད་པ་དང་། དེའི་ཐོག་ནས་རྒྱ་ཆེ་བའི་བོད་ཀྱི་གཞུང་ལུགས་བང་མཛོད་ཀྱི་མངའ་དབང་སྐྱར་ཡང་གོང་མཐོར་འདེགས་ཏེ་བོད་ཀྱི་སྐད་ཡིག་དང་རིག་གཞུང་མི་ཉམས་རྒྱུན་འཛིན་གྱི་བྱ་བར་ཕན་ཐོགས་འབྱུང་ངེས། ལས་གཞི་འདིས་ཚན་རིག་དང་སེམས་ཁམས་གཉིས་དབར་བཅོས་མིན་མཉམ་འདུས་ཡོང་རྒྱུར་གོམ་གང་མདུན་སྤོས་ཀྱི་གལ་ཆེའི་རྣམ་པ་ཞིག་མཚོན་ལ། དེ་འདྲའི་མཉམ་འདུས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་ཕྱིའི་འཛིག་རྟེན་དང་ནང་སེམས་ཀྱི་ཤེས་བྱ་ཟུང་འབྲེལ་གྱིས་ང་ཚོའི་འབྱུང་འགྱུར་འཚོ་གནས་ལ་སྨན་པའི་རྒྱ་ཆེའི་ལེགས་སྐྱེས་ཐོབ་སྲིད།

༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོས་རང་ཉིད་གང་ལ་ཐུགས་མོས་ཤིན་ཏུ་ཆེ་བའི་ལས་གཞི་འདི་ང་ཚོར་བསྒྲུབ་རྒྱུའི་ཡིད་ཆེས་བློས་འགེལ་གནང་བར་ཆེས་དགའ་སྤྲོ་དང་བསྐལ་བཟང་གི་གནས་སུ་གྱུར་ཅིང་། རང་ནུས་གང་ཕྱོགས་ཞུ་རྒྱུའི་སྐུལ་ལྕག་གི་རྐྱེན་དུ་འང་གྱུར་ལ། དེར་མ་ཟད་དུས་དང་རྣམ་པ་ཀུན་ཏུ་ཐུགས་བསྐྱེད་ཆེན་པོས་ལས་གཞི་འདིར་ལམ་སྟོན་རྒྱབ་སྐྱོར་དང་ཕྲབས་ཆེའི་གཟིགས་སྐྱོང་གནང་བར་བཀའ་དྲིན་བླ་མེད་དུ་ཆེ། དེ་དང་ཆབས་ཅིག་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ངེས་པ་དོན་འཁྱོལ་དུ་ཕྱུག་རོགས་གནང་མཁན་ཡོངས་ལ་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ། ང་ཚོའི་ངོས་ནས་ལས་རིམ་འདིར་ཡོངས་ཁྱབ་ལྟ་རྟོག་བྱེད་རྒྱུ་ཙམ་ལས་དོན་དངོས་སུ་ལག་བསྟར་དོན་འཁྱོལ་འབྱུང་བ་ནི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དང་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་འཛིན་སྐྱོང་ལས་སྣེ་བ་དང་འབྲེལ་ཡོད་ལས་བྱེད་རྣམ་པ། རྟག་ཏུ་ལས་ལ་བརྩོན་ཞིང་གཞན་ཕན་གྱི་བསམ་པས་བརྒྱན་པའི་ཨེ་མོ་རི་ཚན་རིག་སློབ་དཔོན་གྱི་སྡེ་ཚོགས། དེ་བཞིན་དུ་ཡིག་སྒྱུར་བ་རྣམས་ཀྱིས་གཙོས་ཕྱོགས་མང་པོའི་མཐུན་འགྱུར་རོགས་རམ་སྣ་མང་ལ་རག་ལས་པར་ངེས་འཛིན་ཞུ་གི་ཡོད། ལྷག་པར་དུ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དང་། མེག་སྲིན་ཁྲིམ་ཚང་ཐེབས་རྩ། ལོ་སེ་ཊན་ཐེབས་རྩ། ཇོ་ནི་ལེན་སེ་ཏིན་ཐེབས་རྩ། ནང་བསྟན་སློབ་གཉེར་ཁང་། འབྲས་སྤུངས་བློ་གསལ་གླིང་ཆོས་ཚོགས་སོགས་དང་། དེ་བཞིན་དུ་སྐྱེ་བོ་སྒེར་དང་ཚོགས་པ་འདྲ་མིན་གྱིས་ལས་གཞི་འདིར་དཔལ་འབྱོར་གྱི་མཐུན་རྐྱེན་གནང་བར་སྙིང་ཐག་པ་ནས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ།།

དགེ་བཤེས་ལྷག་རྫོང་། བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་འགན་འཛིན།
ཊོག་ཊར་པེ་རི་ཏ་རམ་དང་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་འགན་འཛིན།

ACKNOWLEDGEMENTS

The Robert A. Paul Emory-Tibet Science Initiative (ETSI) owes its existence to the far-reaching vision of His Holiness the Dalai Lama, who has not only provided constant guidance and support, but who has also provided financial support by providing $100,000 towards the program's endowment. It also owes its existence to the generous support of Dr. James W. Wagner, President of Emory University, who made available key funding through Emory's Strategic Initiative funds and his personal discretionary fund.

The Emory-Tibet Partnership (ETP) was established in 1998 in the presence of His Holiness the Dalai Lama through the collaborative vision and work of Dr. Robert Paul and Geshe Lobsang Tenzin Negi. ETSI is the most ambitious project to grow out of the Emory-Tibet Partnership, and in 2010 ETSI was renamed the Robert A. Paul Emory-Tibet Science Initiative in honor of Dr. Paul's visionary leadership and guidance. We express our heartfelt thanks to both these individuals for helping to establish the many programs of the Emory-Tibet Partnership, including ETSI.

We gratefully acknowledge Geshe Lhakdor, Director of the Library of Tibetan Works and Archives, Dharamsala, India, and Dr. Preetha Ram, Associate Dean of Science Education at Emory University, both of whose leadership has been invaluable to the establishment and development of this initiative.

The project would also not have been possible without the support of Dr. Gary Hauk, Vice President and Deputy to the President at Emory University, who has guided ETP for several years and continues to be one of ETSI's strongest supporters.

We thank also the ETSI science faculty, who have worked tirelessly to develop the science textbooks who have and traveled to India each summer to teach the science intensives, and the ETSI science translators who have given of their skills and time to contribute an entirely new scientific vocabulary to the Tibetan literary tradition and lexicon.

We also thank the hard-working staff of the Emory-Tibet Partnership, who have labored far beyond the call of duty, showing time and again that their efforts are not only work, but also an act of love.

We thank all those who have contributed the financial support needed to operate ETSI and ensure its long-term sustainability. We are extremely indebted to Joni Winston for her long-term generous support to ETSI. Funding for ETSI has also come from Emory University and Emory College, including the Science and Society Program and the Neuroscience and Behavioral Biology program.

Generous support has also come from:

- Judith McBean and Judith McBean Foundation
- The McBean Family Foundation
- Diana Rose and Lostand Foundation
- The Joni Winston Fund
- The Buddhist Learning Center, New Jersey
- Drepung Loseling Monastery, Inc., Atlanta, Georgia

We also thank the Advisory Board of the Emory-Tibet Science Initiative for their guidance and advice:

- Sogyal Rinpoche, Rigpa International and the Tenzin Gyatso Institute
- Dr. Gary Hauk, Vice President and Deputy to the President, Emory University
- Geshe Lhakdor, Director, Library of Tibetan Works and Archives
- Dr. Alan Wallace, President, Santa Barbara Institute
- Dr. Preetha Ram, Associate Dean for Pre-Health and Science Education, Emory University
- Dr. Robert A. Paul, Charles Howard Candler Professor of Anthropology and Interdisciplinary Studies, Emory University
- Geshe Lobsang Tenzin Negi, Director of Emory-Tibet Partnership, Emory Unviersity
- Geshe Thupten Jinpa, Principal English Language Translator for H.H. the Dalai Lama and President, Institute of Tibetan Classics

Lastly we thank the highly dedicated monastic students of the Emory-Tibet Science Initiative, who are not only beneficiaries, but also essential collaborators in the success of this program. May the knowledge that they gain through this program and these materials benefit them greatly, and through them, all of humankind.

ལེགས་གསོལ།

རོ་སྦྲར་ཏེ་ཨེ་ཕྱོལ་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ནི་༧སྤྱི་ནོར་༧གོང་ས་སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོའི་ཐུགས་རྒྱུད་རིང་བའི་གཟིགས་པ་ལས་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན་ལ། ཁོང་གིས་ལས་རིམ་འདིར་བཀའ་སློབ་ལམ་སྟོན་དང་རྒྱབ་སྐྱོར་རྒྱུན་ཆད་མེད་པར་གནང་ཡོད་པ་མ་ཟད། ལས་རིམ་གྱི་ཐེབས་རྩར་དམིགས་ཏེ་ཨ་སྒོར་ ༡༠༠༠༠༠ གི་རོགས་དཔལ་ཡང་བཀའ་དྲིན་བསྩལ། ལས་རིམ་འདི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་སློབ་དཔོན་རྗེམ་སི་ཝེག་ནར་མཆོག་གི་གཏོང་ཕོད་ཆེ་བའི་རམ་འདེགས་ལ་བརྟེན་ནས་བྱུང་བ་ཞིག་ཀྱང་ཡིན་ཏེ། ཁོང་གིས་ལས་རིམ་འདི་ལ་ཨེ་མོ་རིའི་ཐབས་རྩུས་ཟབ་མོའི་གསར་གཏོད་ལས་རིམ་གྱི་ཟུར་བཅད་མ་དངུལ་དང་། ཁོང་སྐུ་སྒེར་གྱི་ཐུགས་འདོད་ལྟར་སྤྱོད་ཚོག་པའི་མ་དངུལ་གྱི་ཁོངས་ནས་རོགས་དཔལ་སྐྱེ་བ་དེ་གནང་ཡོད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་ཚོགས་ནི་སློབ་དཔོན་རོ་སྦྲར་ཏེ་ཕྱོལ་དང་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན་རྣམ་གཉིས་ཀྱི་མཉམ་རུབ་ཀྱི་གཟིགས་རྒྱང་དང་ཕྱག་ལས་བརྒྱུད་ཕྱི་ལོ་ ༡༩༩༨ ལོར་༧གོང་ས་མཆོག་གི་མདུན་སར་འགོ་འཛུགས་བྱས་པ་ཞིག་རེད། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ནི་ཐུན་ཚོགས་ཀྱི་ལས་འཆར་ལས་སྐྱེས་པའི་དམིགས་འདུན་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ལས་རིམ་ཞིག་ཡིན་ལ། ཕྱི་ལོ་ ༢༠༡༠ ལོར་སློབ་དཔོན་ཕྱོལ་གྱི་གཟིགས་རྒྱང་རིང་བའི་དབུ་ཁྲིད་དང་ཞལ་ཏ་བཅས་ལ་ཆེ་མཐོང་ཞུ་བའི་དོན་དུ་ཚན་རིག་གི་ལས་རིམ་འདི་ལ་རོ་སྦྲར་ཏེ་ཨེ་ཕྱོལ་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཞེས་པའི་མིང་བསྒྱུར་དུ་བཏགས། ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཐེ་བའི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་ཚོགས་ཀྱི་ལས་འཆར་མང་དག་ཅིག་གསར་འཛུགས་གནང་བར་ང་ཚོས་སྐྱེས་བུ་འདི་གཉིས་ལ་སྙིང་ཐག་པ་ནས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

ང་ཚོས་ཧ་ས་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་དབུ་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རྡོར་ལགས་དང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཚན་རིག་ཤེས་ཡོན་གྱི་སློབ་གཙོ་ལས་རོགས་པིང་ཐ་ནླམ་རྣམ་གཉིས་ལའང་བཀའ་དྲིན་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན་ལ། ཁོང་གཉིས་ཀྱི་རིན་ཐང་བྲལ་བའི་དབུ་འཁྲིད་ནི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་བཙུགས་པ་དང་འཕེལ་རྒྱས་གཏོང་བར་ཕན་ཐོགས་ཆེན་པོ་བྱུང་ཡོད། ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་གཞོན་པ་དང་གཙོ་འཛིན་ལས་ཚབ་གཅིག་ཕྱོགས་སློབ་དཔོན་ཇེ་རི་ཧྥག་ལགས་ཀྱིས་ཐུན་ཚོགས་འདིར་ལོ་མང་རིང་ལམ་སྟོན་རོགས་འདེགས་གནང་བ་མ་ཟད། ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ལ་མ་མཐུད་དེ་རྒྱབ་སྐྱོར་ཕུགས་ཆེ་བྱེད་མཁན་གྲས་ཀྱི་གཅིག་ཏུ་བཞུགས་གནང་མེད་ཚེ་ང་ཚོའི་ལས་རིམ་འདིར་འདི་ལྟ་བུའི་གྲུབ་འབྲས་ཤིག་ཐོབ་མི་སྲིད།

ངལ་བ་སྙོམས་མེད་ཀྱིས་ཚན་རིག་གི་སློབ་དེབ་ཁག་རྩོམ་སྒྲིག་གནང་བར་འབད་རྩོལ་གནང་དང་གནང་མུས་ཐོག་ལོ་རེ་བཞིན་དབྱར་དུས་སུ་ཚན་རིག་སློབ་ཁྲིད་ཀྱི་ཆེད་དུ་རྒྱ་གར་ལ་ཕེབས་བཞིན་པའི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་སློབ་དཔོན་རྣམ་པ་དང་། རྣམ་དཔྱོད་དང་དུས་ཀྱི་འགྲོ་གྲོན་བཏང་སྟེ་བོད་ཀྱི་རྩོམ་རིག་སྲོལ་རྒྱུན་དང་ཐ་སྙད་མིང་མཛོད་ལ་རྣམ་པ་གསར་རྐྱང་གི་ཚན་རིག་བརྡ་ཆད་ཀྱི་ལེགས་སྐྱེས་འབུལ་བཞིན་པའི་ལོ་ཙཱ་བ་རྣམས་ལའང་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་འདོད་མཆིས།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་ཚོགས་ཀྱི་ལས་ལ་བརྩོན་པའི་ལས་བྱེད་རྣམས་ཀྱིས་རང་རང་གི་ལས་འགན་ལས་བརྒལ་ཏེ་ཕྱག་ལས་གནང་བ་མ་ཟད། རང་གི་ལས་དོན་དེ་ཉིད་ལས་ཀའི་ངོ་བོ་ཙམ་མིན་པར་ཡང་ནས་བསྐྱར་དུ་དེ་ལ་སྒྲོ་བཞིན་དུ་འཇུག་པར་ཡི་རངས་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

ཚན་རིག་ལས་རིམ་ལག་བསྟར་ཐུབ་པ་དང་། ལས་འཆར་ཡུན་གནས་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཡོང་བར་མཁོ་བའི་རོགས་དཔལ་གྱི་མཐུན་འགྱུར་གནང་མཁན་ཡོངས་ལ་ང་ཚོས་བཀའ་དྲིན་ཆེ་བའི་ལེགས་གསོལ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན། དམིགས་སུ་བཀར་ནས་ཕྱམ་ཇོ་ཊེ་ཕྲིན་སི་ཀོན་ནས་ཡུན་རིང་ལས་རིམ་འདིར་དཔལ་འབྱོར་གྱི་མཐུན་རྐྱེན་ལྷུག་པོ་གནང་བར་བཀའ་དྲིན་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ལ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དང་། ཚན་རིག་དང་སྤྱི་ཚོགས་ལས་རིམ། དབང་རྒྱུའི་ཚན་རིག་དང་གཉིས་སྦྱོར་དང་འབྲེལ་བའི་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ལས་འཆར་ཐེ་བའི་ཨེ་མོ་རི་མཐོ་སློབ་ནས་ཀྱང་རོགས་དཔལ་བྱུང་ཡོད། ད་དུང་གཤམ་གསལ་གཏོང་ཕོད་ཆེ་བའི་རོགས་སྐྱོར་བ་རྣམས་ལ་ཡང་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།
- ཇུ་ཊི་ཏི་མེག་ཟིན་དང་ཇུ་ཊི་ཏི་མེག་ཟིན་དགེ་རྩ།
- མེག་ཟིན་ཁྲིམ་ཚང་གི་དགེ་རྩ།
- ཊཡི་ན་རོསི་དང་ལོ་སི་ཊན་གྱི་དགེ་རྩ།
- རྫོ་ནི་ཕྲིན་སི་ཀོན་ཐེབས་རྩ །
- ནེའུ་འཇར་སི་རུ་ཆགས་པའི་ནང་བསྟན་སློབ་གཉེར་ཁང་།
- ཨེ་ཊེ་ལན་ཊར་ཆགས་པའི་འབྲས་སྤུངས་བློ་གསལ་གླིང་གྲྭ་ཚང་གི་ཆོས་ཚོགས།

གཞན་ཡང་།
- རྒྱལ་སྤྱིའི་རིག་པའི་ཆོས་ཚོགས་དང་བསྟན་འཛིན་རྒྱ་མཚོའི་ལྟེ་གནས་ཁང་གི་ཕྱག་བདབ་མཁན་བསོད་རྒྱལ་རིན་པོ་ཆེ་མཆོག
- ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་གཞོན་པ་དང་གཙོ་འཛིན་ངོ་ཚབ་པ་སློབ་དཔོན་ཇེ་རི་ཧྥག
- ཧ་ས་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་དབུ་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རྡོར།
- སན་ཊ་བྷར་བྷ་རའི་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་སློབ་དཔོན་ཨེ་ལན་ཝ་ལེ་སི།
- ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་འཛིན་སྐྱོང་སྲིད་འགོ་དང་ཚན་རིག་ཤེས་ཡོན་གྱི་སློབ་གཙོ་གཞོན་པ་ཌོག་ཊར་པིང་ཐ་ནླམ།
- ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཆལ་སི་ཏ་ཡར་ཊ་ཀེ་ནཊ་ལར་མི་རྒྱུད་རིག་པ་དང་རིག་གནས་ཕྱིལ་མ་ཤེས་བྱའི་སློབ་དཔོན་ཌོག་ཊར་རོ་སྦྲར་ཏེ་ཕྱོལ།
- ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་ཚོགས་ཀྱི་འགན་འཛིན་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན་ནེ་གི།
- ༧སྤྱི་ནོར་༧གོང་ས་སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོ་མཆོག་གི་དབྱིན་སྐད་གསུང་སྒྱུར་གཙོ་བོ་དང་། བོད་ཀྱི་གཙུག་ལག་ཞིབ་དཔྱོད་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་དགེ་བཤེས་ཐུབ་བསྟན་སྦྱིན་པ་བཅས་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་སློབ་སྟོན་ལྷན་ཚོགས་ལ་ཡང་གོ་སྐབས་འདི་བརྒྱུད་ནས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

མཐའ་དོན་དུ་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་སློབ་གཉེར་བ་དགེ་བཙུན་རྣམས་ལ་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན། ཁོང་རྣམས་ནི་ལས་རིམ་འདིའི་སློབ་ཕྲུག་ཙམ་མ་ཡིན་པར་ལས་འཆར་འདི་ལམ་ལྷོང་ཡོང་བར་མེད་དུ་མི་རུང་བའི་མཉམ་ལས་པའང་ཡིན། ལས་འཆར་འདི་དང་སློབ་ཆས་འདི་དག་བརྒྱུད་ནས་ཡོན་ཏན་གང་ཐོབ་པ་དེས་ཁོང་རྣམས་ཀྱི་ཐུགས་པད་གསོ་ཞིང་། ཁོང་རྣམས་བརྒྱུད་ནས་མིའི་རིགས་སྤྱི་ལ་སྨན་པའི་སྨོན་འདུན་ཕུགས་བཟག་ཞུ།

SUPPORT AND INSPIRATION

This primer on Genes & Cells was developed with the help of many scientist-educators from the Emory Tibet-Science Initiative and beyond. The teaching and development of this material involved Emory University Biology Department faculty Arri Eisen, Rustom Antia, Chris Beck, and Alex Escobar. Arri Eisen wrote and organized most of this text with significant contributions from Rustom Antia and Alex Escobar, as well as from Veronique Perrot. Scott Freeman's introductory biology text, *Biological Science* (2010, Pearson Education, Inc), was also very helpful. The translators of our teaching and of this text have not simply translated words but have transformed difficult concepts from one culture to another and have taught us professors much more than we could have imagined. The translator of this text is Geshe Dadul Namgyal. He was assisted by Tsondue Samphel and Sangey Tashi Gomar. Other translators, as we teach, include Tsondue Samphel, Sangey Tashi Gomar, Tenzin Sonam, Karma Thupten, Tenzin Paldon, and Nyima Gyaltsen.

Ajay Pillarisetti was vital in support of the teaching of the material and played a key role in editing this volume and identifying and developing complementary materials included. Xavier Vinas provided expert illustration and material consultation. Jim Wynn is the glue that holds it all together.

The spiritual leaders and guiding lights of the Emory-Tibet Science Initiative are Geshe Lhakdor, Director of the Library of Tibetan Works and Archives, and Geshe Lobsang Negi of Emory University's Religion Department. The seed and inspiration is His Holiness the 14th Dalai Lama of Tibet.

The Emory-Tibet Science Initiative Life Sciences Team
Emory University. 2010

ཐོག་མའི་སྐུལ་སློང་དང་རྒྱབ་སྐྱོར།

རིགས་རྫས་དང་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་གྱི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་འདི་ནི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཁོངས་ཀྱི་ཚན་རིག་པ་དང་ཤེས་ཡོན་ཆེད་ལས་པ་རྣམས་དང་། གཞན་ཡང་སྐྱེ་བོ་མང་དག་ཅིག་གི་རམ་འདེགས་ལ་བརྟེན་ནས་བསྒྲིགས་པ་ཞིག་ཡིན། འདིའི་རྩོམ་སྒྲིག་དང་སློབ་ཁྲིད་ལས་རིམ་ནང་དངོས་སུ་ཆ་ཤས་བཞེས་མཁན་གྱི་ཁོངས་སུ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་སྐྱེ་ལྡན་རིག་པའི་སྡེ་ཚན་གྱི་སློབ་དགེ་སྐུ་ཞབས་ཨ་རི་ཨཡི་ཇོན། རསི་ཧྲམ་ཨེན་ཏེཡ། གིརིསི་བེཀ་དང་། ཨེ་ལེཀསི་ཨེསི་ཀོ་སྨར་བཅས་ཡོད། སློབ་དེབ་འདིའི་རྩོམ་བྲིས་དང་ཕྱོགས་སྒྲིག་གནང་མཁན་གཙོ་བོ་སློབ་དཔོན་ཨེ་རི་ཨཡི་སོན་ཡིན་ལ། དེའི་ཐོག་རསི་ཧྲམ་ཨེན་ཏེཡ་དང་། ཨེ་ལེཀསི་ཨེསི་ཀོ་སྨར། གཞན་ཡང་ལྷེ་རོ་ནིཀ་པེ་རོཏ་བཅས་ནས་འབྲི་རྩོམ་གྱི་ཞལ་འདེབས་རྒྱ་ཆེ་གནང་ཡོད། ལྷག་པར་རྩོམ་སྒྲིག་གི་བྱ་གཞག་འདི་བསྒྲུབ་སྐབས་སི་ཀོཏ་ཕྲི་རི་མེན་གྱིས་བརྩམས་པའི་སྐྱེ་ལྡན་རིག་པའི་ངོ་སྤྲོད་གློག་དེབ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་དང་འབྲེལ་བའི་ཚན་རིག་ཅེས་(པི་ཡེར་སོན་ཤེས་ཡོན་ཚོགས་པ་ནས་དཔར་དུ་བསྐྲུན།)ཞུ་བ་དེ་ལས་བློ་སྐྱེད་རྒྱ་ཆེ་བླངས་ཡོད། སློབ་ཚན་འདི་འཛིན་གྲྭའི་ནང་སློབ་ཁྲིད་བྱེད་སྐབས་དང་སློབ་དེབ་ཕབ་སྒྱུར་བྱེད་སྐབས་ལོ་ཙཱ་བ་རྣམས་ཀྱིས་སྒྲའི་ཐ་སྙད་ཙམ་ཕབ་སྒྱུར་བྱས་པ་ལྟ་བུ་མིན་པར། འདིའི་ནང་དོན་རྣམ་གཞག་དཀའ་མོ་རྣམས་རིག་གཞུང་གཅིག་ནས་གཞན་ཞིག་ཏུ་ཕབ་ལེན་འཐུས་ཚང་བྱས་པ་མ་ཟད། དེའི་བརྒྱུད་ནས་ངེད་ཚག་སློབ་དགེ་རྣམས་ལའང་བསམ་ཡུལ་ལས་འདས་པའི་བློ་སྐྱེད་སྣ་མང་སོན་བྱུང་། སློབ་དེབ་འདི་དངོས་སུ་ཕབ་སྒྱུར་ཞུ་མཁན་དགེ་བཤེས་དགྲ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ་ཡིན་ཞིང་། དེའི་སྟེང་བརྩོན་འགྲུས་བསམ་འཕེལ་དང་སྒོ་དམར་སངས་རྒྱས་བཀྲིས་གཉིས་ནས་རོགས་འདེགས་ཞུས་ཡོད། འཛིན་ཁང་ནང་སློབ་ཁྲིད་བྱེད་སྐབས་སྒྲ་སྒྱུར་ཞུ་མཁན་བརྩོན་འགྲུས་བསམ་འཕེལ། བསྟན་འཛིན་བསོད་ནམས། སྒོ་དམར་སངས་རྒྱས་བཀྲིས། ཀརྨ་ཐུབ་བསྟན། བསྟན་འཛིན་དཔལ་སྒྲོན། ཉི་མ་རྒྱལ་མཚན་བཅས་རེད།

འདིའི་ནང་དོན་རྣམས་སློབ་ཁྲིད་བྱེད་པའི་སྐབས་དང་། གཞན་ཡང་སློབ་དེབ་འདིའི་ཞུ་དག་དང་། འདིའི་ནང་གི་སྦྱོང་བརྡར་ཚན་པ་ཁག་བཟོ་སྒྲིག་གི་བྱ་བར་ཨ་ཧྲེའི་པི་ལ་རི་སེཏ་ཏེ་ནས་རམ་འདེགས་རྒྱ་ཆེ་གནང་ལ། དེ་བཞིན་དུ་འདིའི་ནང་གི་ཚད་ལྡན་གྱི་རིས་མོ་རྣམས་ཞ་ལྷིའར་ལྷི་ནསི་ནས་མཁོ་འདོན་གནང་བས་མ་ཟད། ཁོང་ནས་དེ་འབྲེལ་གྱི་ཆེད་མཁས་ལམ་སྟོན་ཡང་གནང་ཡོད། བྱེད་རིམ་འདི་ཀུན་ཏུ་འབྱུར་རྩེ་ལྷ་བུའི་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་མཐུད་ཀྱི་ཞབས་འདེགས་འཐུས་ཚང་གནང་མཁན་ཇི་མ་ལྷིན་རེད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་ཐོག་མའི་ས་བོན་དང་བར་དུ་སྐུལ་ཤུགས་ཀྱི་སྐུལ་སློང་གནང་མཁན་ཉག་གཅིག་པུ་དེ་ནི་བོད་གངས་ཅན་ལྗོངས་ཀྱི་༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཏཱ་ལའི་བླ་མ་སྐུ་ཕྲེང་བཅུ་བཞི་པ་ཆེན་པོ་མཆོག་ཡིན་པ་དང་། ལས་རིམ་འདིའི་ཆོས་ཕྱོགས་ཀྱི་སློབ་སྟོན་པ་དང་ལམ་བུ་གསལ་བའི་སྒྲོན་མེ་ལྟ་བུ་ནི་ཧྲ་ས་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་འགན་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རྗོར་ལགས་དང་། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་མཐུན་ཚོགས་ཀྱི་འགན་འཛིན་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན་ལགས་རྣམ་གཉིས་རེད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་སྡེ་ཚན་ནས།
ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་། སྤྱི་ལོ་ ༢༠༡༠ ལ།

INTRODUCTION

In the Year 1 Life Sciences Primer on Evolution, we described and explored Charles Darwin's theory of evolution, and we saw why evolution is the underlying foundation of biology. In this Year 2 Primer on Genes and Cells, it will become even more evident how powerful Darwin's ideas are, even though he was unaware of almost all the information we will discuss here!

In this primer, we will first briefly review the questions we addressed in Year 1:

- What is evolution and what are its basic principles?
- What are genes?
- What roles do they play in evolution?
- How does the environment interact with organisms and genes and vice versa?

Then we will focus on that last question and dig deeper into interactions between the environment and organisms. We have three primary learning goals for this volume:

- To move from Year 1's **big picture** consideration of evolution to specific organisms and the parts (cells and molecules) that make them work;
- To illustrate these general concepts with the concrete example of human sensing (specifically touch). This will complement the Neuroscience materials.
- To develop your experimental and critical thinking skills.

EVOLUTION REVIEW

In Life Sciences Primer 1, we learned about the dramatic discoveries outlined by Darwin in his famous book *The Origin of Species*. Darwin argued, with the support of decades of data he had collected, that all life on Earth—from bacteria to humans, from plants to animals—is related in one enormous tree of life. Species evolve and change over time, through natural selection. Nature, the environment in which organisms live, 'selects' the traits that organisms just happen to have that allow them to be more successful in that environment. 'Successful' in evolutionary terms means having more offspring. Successful traits are inherited and passed on from parents to offspring.

We looked at two famous examples of natural selection: (1) the beaks in the population of Darwin's finches changing in response to a drought in the Galapagos islands, a drought that left mostly hard-shelled seeds for the finches to eat and (2) the wing color of the peppered moth in England that changed in response to environmental pollutants that darkened the tree bark on which the moths often rest. We saw that

མཚམས་སྦྱོར།

ལོ་རིམ་དང་པོའི་འཕེལ་འགྱུར་སྐོར་གྱི་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དེའི་ནང་ང་ཚོས་ཆར་ལེསི་ཌར་ཝིན་གྱིས་བཏོན་པའི་འཕེལ་འགྱུར་རིག་པར་སྦྱངས་བཤད་དང་དཔྱད་ཞིབ་བྱས་པ་བརྒྱུད། འཕེལ་འགྱུར་རིག་པ་དེ་སྐྱེ་ལྡན་རིག་པའི་རྨང་གཞི་ཡིན་ཚུལ་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱས་ཡོད། ལོ་རིམ་གཉིས་པའི་རིགས་རྫས་དང་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་གྱི་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་གླིང་རྒྱུའི་ཏ་ལམ་གནས་ཚུལ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་སྐོར་ཌར་ཝིན་རང་ཉིད་ལ་དངོས་སུ་རྒྱུས་མངའ་མེད་མོད། འོན་ཀྱང་ད་དུང་སློབ་དེབ་འདི་བརྒྱུད་སྟར་ཌར་ཝིན་གྱིས་བཏོན་ཟིན་པའི་རིག་པ་རྣམས་ཏ་ཅང་ལྟབས་ཆེན་ཡིན་པའི་དཔང་རྟགས་སྟར་བས་ཀྱང་ཇེ་གསལ་དུ་འགྱུར་ངེས་ཡིན། ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་ཐོག་མར་ང་ཚོས་ལོ་རིམ་དང་པོའི་སྐབས་སྦྱངས་ཟིན་པའི་དྲི་བ་ཁག་ཅིག་ལ་བསྐྱར་ཞིབ་མདོར་ཙམ་རེ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། དེ་ལྟའི་དྲི་བ་ཁག་ནི།

- གང་ཞིག་ལ་འཕེལ་འགྱུར་ཟེར་རམ། དེའི་གཞི་རྩའི་གནས་ལུགས་གང་དག་ཡིན།
- གང་ཞིག་ལ་རིགས་རྫས་ཟེར་རམ།
- འཕེལ་འགྱུར་གྱི་གོ་རིམ་ནང་རིགས་རྫས་ཀྱི་དོན་སྙིང་གང་ཡོད་དམ།
- ཕོར་ཡུག་དང་། སྐྱེ་དངོས། རིགས་རྫས་རྣམས་ཕན་ཚུན་ཇི་ལྟར་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་དམ། བཅས་ཡིན།

དེའི་རྗེས་སུ་གོང་གི་དྲི་བའི་མཐའ་མ་དེར་དམིགས་སུ་བཙུགས་ནས་ཕོར་ཡུག་དང་སྐྱེ་ལྡན་དབར་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་རིམ་པར་གཏིང་ཚུགས་པའི་དབྱེ་ཞིབ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། དེས་ན་སློབ་དེབ་འདི་བརྒྱུད་ང་ཚོར་གོ་རྟོགས་ཀྱི་དམིགས་ཚད་གཙོ་བོ་གསུམ་ཡོད་པ་ནི།

- ལོ་རིམ་དང་པོའི་འཕེལ་འགྱུར་སྐོར་གྱི་སྤྱིར་བཏང་གི་ཤེས་བྱ་དེ་ནས་མདུན་བསྐྱོད་བྱས་ཏེ་སྐྱེ་ལྡན་བྱེ་བྲག་པའི་འཕེལ་རིམ་དང་། སྐྱེ་ལྡན་དེ་དག་གང་གིས་ལས་ལ་འཇུག་ཏུ་བསྐུལ་བའི་(ཕྲ་ཕུང་དང་འདུས་རྡུལ་ལྟ་བུའི་)ཡན་ལག་དག་གི་སྐོར་སློབ་གཉེར་བྱ་རྒྱུ།
- སྤྱི་འགྲོས་ཀྱི་རྣམ་གཞག་དེ་དག་(རིག་ཚོར་ཁྱད་གཞིར་བཟུང་སྟེ་)མིའི་དབང་ཚོར་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་གི་སྟེང་ནས་ཁ་གསལ་ར་སྟོད་བྱ་རྒྱུ། འདི་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་དབང་རྩ་ཚན་རིག་སྐོར་གྱི་སློབ་དེབ་ལ་ཁ་གསབ་བྱེད་པར་ཕན་ཐོགས་ཡོད།
- ཁྱེད་རྣམ་པའི་དངོས་བཤེར་ཞིབ་འཇུག་སྐྱོང་སྟངས་དང་རྩད་ཞིབ་རང་བཞིན་གྱི་བསམ་གཞིག་བྱེད་སྟངས་ཀྱི་རྩལ་སྦྱོང་མཐོར་འདེགས་གཏོང་རྒྱུ་བཅས་ཡིན།

འཕེལ་འགྱུར་ལ་བསྐྱར་སྦྱོང་།

ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་ང་ཚོས་ཌར་ཝིན་གྱི་སྙན་གྲགས་ཆེ་བའི་དཔེ་དེབ་སྐྱེ་ལྡན་ཉེ་རིགས་དག་གི་འབྱུང་ཁུངས་ནང་གསལ་བའི་ངོ་མཚར་ཆེ་བའི་གསར་རྙེད་དུ་མའི་སྐོར་སློབ་གཉེར་བྱས་ཡོད། ཌར་ཝིན་གྱིས་རང་གིས་ལོ་ངོ་བཅུ་ཕྲག་དུ་མའི་རིང་བརྟག་ཞིབ་བྱས་པའི་གནས་ཚུལ་དེ་དག་གཞི་ལ་བཟུང་སྟེ། འབུ་ཕྲ་ནས་མིའི་འགྲོ་བའི་བར་དང་། རྩ་ཤིང་ནས་སེམས་ཅན་བར་ཏེ་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་གི་ཚེ་སྲོག་ཡོད་དོ་ཅོག་ཚེ་སྲོག་གི་སྡོང་པོ་ཆེན་པོ་གཅིག་གི་ནང་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་ཏེ་གནས་པ་བསྟན་ཡོད། དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྲོད་སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་རང་བྱུང་འདེམས་སྒྲུག་བརྒྱུད་ནས་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་བཞིན་ཡོད་ལ། རང་བྱུང་ཁམས་ཏེ། སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་གང་དུ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་སའི་ཕོར་ཡུག་དེ་དག་གིས་སྐྱེ་ལྡན་སོ་སོར་ལྡན་པའི་ཁྱད་གཤིས་ཀྱི་ཁྲོད་ནས་གང་ཞིག་ཕོར་ཡུག་ངེས་བཟུང་དེར་མཐུན་འཕྲོད་ཟབ་ལ་སྐྱེ་ལྡན་དེར་སྐྱེ་བསྲིང་གི་ལམ་ལྷོང་སྟེར་བའི་ཁྱད་གཤིས་རྣམས་འདེམས་སྒྲུག་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ཕྱོགས་ནས་བལྟས་ན"ལམ་ལྷོང"ཞེས་པ་རྒྱུད་འཛིན་གྱི་ཕྲུ་གུ་མང་བ་སྐྱེ་བ་ལ་ཟེར་བ་ཡིན། ལམ་ལྷོང་བསྐྱེད་པའི་ཁྱད་གཤིས་དེ་རྣམས་ཕ་མ་ནས་ཕྲུ་གུར་རྒྱུད་འདེད་ཀྱི་ལམ་ནས་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་པ་རེད།

གོང་དུ་ང་ཚོས་རང་བྱུང་འདེམས་སྒྲུག་གི་དཔེར་མཚོན་སྙན་གྲགས་ཅན་གཉིས་ལ་ལྟ་ཞིབ་བྱས་ཡོད། གཅིག་ནི། ག་ལ་པ་གོ་སི་མཚོ་གླིང་སྟེང་དུ་ཐན་པ་བྱུང་བའི་རྐྱེན་གྱིས་བྱའི་གཟན་ཆས་སུ་ཕྱི་ཤོག་གས་སྲ་བའི་ས་བོན་གྱི་རིགས་ཙམ་ལྷག་ཤུལ་དུ་བཞག་པའི་ཉེར་ལེན་ལས་ཌར་ཝིན་གྱི་བྱ་ཁུག་རྟའི་ཚོགས་འདུས་ཀྱི་མཆུ་སྒྲོས་ལ་འགྱུར་བ་ཐེབས་པ་དེ་ཡིན། གཉིས་པ་ནི། ཕོར་

what actually changes in a population in response to the environment is the *proportion* of organisms that have a particular trait (encoded by a gene or genes) over time; the organisms with 'more successful' beaks or wings survive better, so they have more offspring, which also have the same successful traits. Genetic traits do not actually change within one organism over its lifetime, but, rather, they change across a population over longer timeframes.

Species adapt to their environments. When environmental circumstances lead to a situation where two or more groups of organisms from one species are separated from each other, these separated populations evolve and adapt to their distinct environments, and can eventually become independent species. In addition to changes occurring through this natural selection process, the proportion of particular gene versions or traits within a species can also change via other mechanisms. This can happen by chance, when many new organisms of the same species are added to or removed from a given population. If the new immigrants or emigrants happen to bring in or remove a large proportion of one set of genes and traits, this also alters the overall proportion of genes and traits in the population.

Life probably originated from non-life in a way that followed the basic evolutionary principles Darwin articulated. From these original life forms, the roots of the tree of life, all other species on Earth evolved over the past four billion years.

Darwin's ideas have been confirmed, as well as refined and expanded, in the 150 years since he put them forward. His ideas have had a profound impact on the sciences and beyond. Unlike the traditions of many cultures and religions, evolution holds that humans are just another species of organism. Humans are not superior or different. Also, importantly, humans are all of the same species, *Homo sapiens*. All humans are related to each other and to all other organisms.

In the Year 1 Primer, we saw that inherited traits of organisms that vary across populations, such as finch beak size and moth wing color, are encoded by genes. Studying pea plants in his garden, the monk Gregor Mendel developed the concept of genes and the idea that different versions of inherited traits are due to different gene versions. Thus, genes are the substrate for evolutionary change and adaptation. In the decades following Darwin and Mendel, many other scientists synthesized their brilliant ideas and added many new discoveries, including a molecular understanding of the genes that Mendel only understood conceptually.

ཡུག་སྟགས་བཙོག་གཏོང་བའི་རྗེས་དག་གིས་སྲིལ་འབུ་འབབ་སའི་ཤིང་པགས་ནག་པོར་བསྒོས་པའི་ཉེར་ལེན་ལས་དབྱིན་ཡུལ་ས་ཁུལ་ཞིག་གི་སྲིལ་འབུའི་གཤོག་པའི་མདོག་ལ་ཁ་སྒྱུར་ཐེབས་པ་དེ་ཡིན།

དེ་ཡང་ཁོར་ཡུག་གིས་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་ཚོགས་འདུས་ཤིག་གི་སྟེང་དུ་བཟོས་པའི་འགྱུར་བ་དངོས་གཞི་དེ་ནི། དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྲོད (རིགས་རྗེས་གཅིག་གམ་དུ་མས་བརྡ་སྤྲིག་བྱས་པའི་)ཁྱད་གཤིས་དམིགས་བཀར་བ་འཆང་བའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པའི་ཁྱབ་ཚད་ཐོག་འབབ་པ་ང་ཚོས་ཤེས་ཡོད། དེ་ནི་མཐུན་འཕྲོད་ཆེ་བའི་མཆུ་སྒྲོས་སམ་འདབ་གཤོག་ལྡན་པའི་སྐྱེ་ལྡན་དག་ལ་འཚོ་གནས་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཀྱི་ལམ་འགྲོ་ཆེ་བ་ཡོད་པ་དང་། དེའི་དབང་གིས་སྐྱེ་ལྡན་དེ་དག་ལ་མཐུན་འཕྲོད་རང་བཞིན་གྱི་ཁྱད་རྟགས་དེ་ག་ལྡན་པའི་རྒྱུད་འཛིན་ཕྲུ་གུ་མང་བ་འབྱུང་བའི་དོན་ཡིན། དེ་ཡང་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ལ་བྱུང་བའི་རྒྱུད་འདེད་ཁྱད་གཤིས་ཀྱི་འགྱུར་བ་ནི་སྐྱེ་ལྡན་དེ་གའི་ཚེ་གང་དེ་རང་དུ་མི་འབྱུང་བར། དུས་ཡུན་གྱི་ཁྲིན་ཐག་རིང་པོའི་ནང་སྐྱེ་ལྡན་དེའི་ཚོགས་འདུས་ཀྱི་ཁྲོན་དུ་བདལ་ནས་འབྱུང་བ་ཞིག་ཡིན།

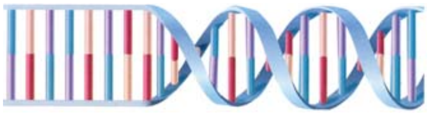
སྐྱེ་ལྡན་ཉེ་རིགས་རྣམས་རང་རང་གི་ཁོར་ཡུག་དང་བསྟུན་ནས་འགྱུར་བ་འགྲོ་གིན་ཡོད། ཁོར་ཡུག་གི་གནས་སྟངས་ཀྱི་དབང་གིས་ཉེ་རིགས་གཅིག་ཏུ་གཏོགས་པའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་ཚོགས་གཉིས་སམ་དེ་ལས་མང་བ་རྣམས་ནམ་ཞིག་སོ་སོར་ཁ་འཕྱེ་དགོས་པར་གྱུར་པ་ན། སོ་སོར་ཕྱེས་པའི་ཚོགས་སྡེ་དེ་དག་རང་རང་གི་ཐུན་མོང་མིན་པའི་ཁོར་ཡུག་སོ་སོ་དང་བསྟུན་ནས་རིམ་འགྱུར་འགྲོ་བ་ཡིན་ལ། དེའི་དབང་གིས་ནམ་ཞིག་ན་དེ་དག་རེ་རེ་ནས་ཉེ་རིགས་ཟུར་གསལ་ཞིག་ཏུ་གྱུར་ཚོག་པ་ཡིན། ཚུལ་འདི་ལྟར་དུ་རང་བྱུང་འདེམས་སྒྲུག་བརྒྱུད་ནས་རིམ་འགྱུར་འགྲོ་བའི་སྟེང་དུ། བྱེད་རིམ་གཞན་གྱི་སྒོ་ནས་ཀྱང་ཉེ་རིགས་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་གི་ཁྲོད་དུ་རིགས་རྗེས་ཀྱི་ཆགས་ཚུལ་ལམ་ཁྱད་གཤིས་ངེས་ཅན་ཞིག་གི་ཁྱབ་ཚད་ལ་འགྱུར་བ་ཐེབས་ཚོག་པ་ཡིན། དེ་ཡང་འགྱུར་བ་དེའི་རིགས་ཆེད་དུ་མ་བསམས་བཞིན་དུ་འབྱུང་ཚུལ་གཅིག་ནི། སྲོག་ཆགས་ཀྱི་ཚོགས་འདུས་ཤིག་ཏུ་ཉེ་རིགས་དེ་གའི་སྐྱེ་ལྡན་གྲངས་པ་མང་པོ་བསྣུན་པའམ། ཡང་ན་ཚོགས་འདུས་དེ་ལས་ཉེ་རིགས་དེ་འདྲ་ཁ་ཐྲལ་བའི་བྱེད་རིམ་དེ་ཡིན། གལ་ཏེ་དེ་ལྟར་སྟོན་འཕྲི་བྱས་པའི་ཉེ་རིགས་གསར་པ་དེ་དག་གིས་རིགས་རྗེས་དང་ཁྱད་གཤིས་ཀྱི་རྣམ་པའི་ཚོགས་ཆེན་པོ་ཞིག་རང་དང་མཉམ་དུ་ནང་འདྲེན་ནམ་ཕྱིར་འདྲེན་བྱས་ཚེ། དེས་སྲོག་ཆགས་ཀྱི་ཚོགས་འདུས་དེའི་ཁྲོན་དུ་རིགས་རྗེས་དང་ཁྱད་གཤིས་དེའི་སྤྱིར་བཏང་གི་ཁྱབ་ཚད་ལ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་སྲིད་པ་ཡིན།

ཌར་ཝིན་གྱིས་གསལ་བཀྲོལ་བྱས་པའི་འཕེལ་འགྱུར་རིག་པའི་གཞི་རིམ་གྱི་རྩ་འཛིན་རྣམས་ཀྱིས་སྔ་སྟོན་བྱེད་པ་ལྟར། ཚེ་སྲོག་གི་འགོ་ཁུངས་དེ་ཧ་ལམ་སྲོག་ལྡན་མིན་པའི་དངོས་པོ་ཞིག་ལ་ཐུག་པ་ཡིན་སྲིད། ཚེ་སྲོག་གི་སྔོང་པོའི་རྩ་བར་གྱུར་པའི་གདོད་མའི་ཚེ་སྲོག་གི་རྣམ་པ་དེ་དག་ལས་ད་ཕན་ལོ་ངོ་ཐེར་འབུམ་བཞིའི་རིང་རིམ་ཐོན་བྱུང་བའི་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་གི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རིགས་གཞན་དག་ཀུན་བྱུང་བ་རེད།

ལོ་ངོ་༡༥༠ ཡི་ཡར་སྔོན་དུ་ཌར་ཝིན་གྱིས་རང་གི་རིག་པ་རྣམས་ཀུན་གྱི་མདུན་སར་བཞག་པ་ནས་བཟུང་། ཁོང་གི་རིག་པ་དེ་དག་ལ་ད་བར་སྤྱི་ཡོངས་ནས་ངོས་ལེན་ཐོབ་ཡོད་ལ། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་རིག་པ་དེ་དག་ལ་དག་ཐེར་དང་རྒྱ་བསྐྱེད་ཀྱང་བྱས་ཡོད། ཁོང་གི་རིག་པ་དེ་དག་གིས་ཚན་རིག་གི་རིག་པའི་སྡེ་ཚན་དག་དང་དེ་ལས་གཞན་པ་དག་ལའང་ཤུགས་རྐྱེན་གཏིང་ཟབ་སྤྲད་ཡོད། ཆོས་ལུགས་དང་རིག་གཞུང་གི་སྲོལ་རྒྱུན་མང་པོ་ཞིག་དང་མ་འདྲ་ས་ཞིག་ལ། འཕེལ་འགྱུར་རིག་པས་མིའི་འགྲོ་བ་དེ་སྐྱེ་ལྡན་ཉེ་རིགས་ཀྱི་རིགས་བྱེ་བྲག་པ་ཙམ་ཞིག་ལ་ངོས་འཛིན་བྱེད་པ་ལས། མིའི་འགྲོ་བ་དེ་ཉེ་རིགས་ཟུར་གསལ་ཞིག་དང་བཟང་བ་ཞིག་ལ་ངོས་འཛིན་བྱེད་ཀྱི་མེད། མ་ཟད། གནད་ཆེ་བ་ཞིག་ལ། མིའི་འགྲོ་བ་ཀུན་མིའི་རིགས་ཀྱི་ཉེ་རིགས་སུ་གཏོགས་པ་མཚུངས་པ་ཡིན། མིའི་འགྲོ་བ་ཀུན་ཕན་ཚུན་གཉེན་ཚན་གྱི་འབྲེལ་བས་བཅིངས་པར་མ་ཟད། སྐྱེ་ལྡན་གཞན་དག་དང་ཡང་དེ་ལྟའི་འབྲེལ་བ་གྲུབ་ཡོད།

ལོ་རིམ་དང་པོའི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་ནང་ང་ཚོས་བྱ་ཁུག་ཏའི་མཆུ་ཏོའི་ཚད་གཞི་དང་སྲིལ་འབུའི་གཤོག་པའི་ཚོན་མདོག་ལྟ་བུ་སྐྱེ་ལྡན་ཚོགས་འདུས་ཤིག་གི་ཁྲོན་དུ་འཕྲམས་པའི་རྒྱུད་འདེད་ཁྱད་རྟགས་ཀྱི་རྣམ་པ་མི་འདྲ་བ་དེ་དག་རིགས་རྗེས་ཀྱིས་བརྡ་སྤྲིག་བྱེད་པ་ལས་འབྱུང་ཚུལ་མཐོང་ཡོད། རང་གི་ལྷུམ་རྟའི་ནང་སྲན་རིལ་ལ་དབྱེ་ཞིབ་བྱས་པ་བརྒྱུད་གྲེ་རེ་གོར་མེན་ཌེལ་གྱིས་རིགས་རྗེས་དང་འབྲེལ་བའི་རྣམ་གཞག་དང་། དེ་བཞིན་དུ་རྒྱུད་འདེད་ཀྱི་ལམ་ནས་ཐོབ་པའི་ཁྱད་གཤིས

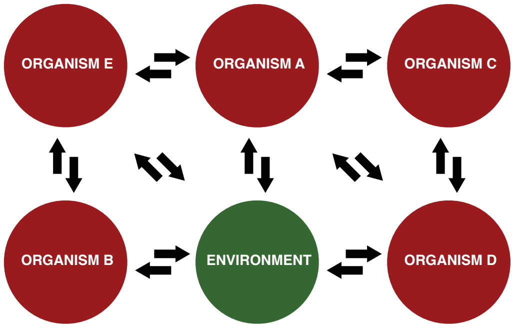
After Darwin and Mendel, scientists found that genes are made of a molecule called deoxyribonucleic acid or DNA, and we now know that different gene versions are due to differences in the chemical sequence of DNA. DNA encodes proteins and other molecules that carry out most of the work of cells. Each cell of a given organism contains all the same DNA as every other cell in that organism. The DNA sequence can change as a result of normal natural processes, such as the mixing of DNA that occurs in the production of sex cells and fertilization, or as a result of mutations caused by environmental agents or mistakes in natural processes like the copying of DNA.

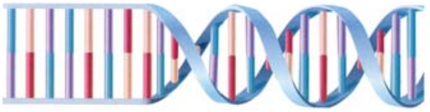

Deoxyribonucleic Acid, or DNA

It is not only a change in DNA sequence (genotype) that can result in different traits (phenotype). The environment also can alter traits by affecting the expression of a given gene—*when* that gene is made into protein, *how much* of it is made into protein, and *in which cells* all make an enormous difference. We learned, for example, how identical twins with the exact same DNA can have different traits depending on the environments they experience. In the text that follows we will discuss this phenomenon and others in a more detailed fashion as we explore processes that occur at the cellular level.

A CLOSER LOOK AT ENVIRONMENT-ORGANISM INTERACTIONS

Scientists often teach that the environment *acts on* organisms, but it is more accurate to say that the environment *engages with* organisms. Think about it: all organisms, including you, affect the environment and vice versa. So, this means organisms change the environment; the environment in turn selects for particular traits in organisms; and these organisms and their traits then affect the environment, on and on in a circular fashion. Each circle of such relationships links into other circles of relationships.
Humans engage with their environments constantly, probably more than any other species, and often in ways we did not fully appreciate until the last half-century. We dramatically change our environments. Remember the case of the peppered moths (Figure 1) we discussed in Year 1 and above. The soot from increased pollution in England at the onset of the growth of industry resulted in darker-colored trees. When the trees had been lighter, light-colored moths blended into them and were difficult for birds to see and eat. As the trees darkened, the light-colored moths were more easily seen and eaten, so nature selected for moths that happened to be darker-colored, and





ཌི་ཨེན་ཨེའམ། ཡང་ན་འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མངར་ཉིང་སྐྱུར།

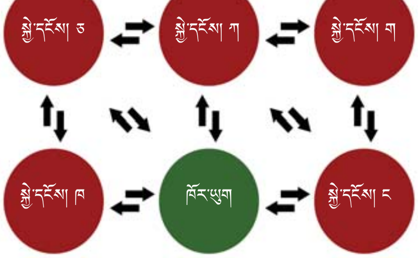
མི་འདྲ་བ་རྣམས་རིགས་རྫས་ཀྱི་བཀོད་སྒྲིག་མི་འདྲ་བའི་དབང་གིས་ཡིན་པའི་རིག་པ་རྣམས་གཏན་འབེབས་བྱས་ཚུལ་ཡང་ང་ཚོས་མཐོང་ཡོད། དེར་བརྟེན་རིགས་རྫས་རྣམས་འཕེལ་འགྱུར་རང་བཞིན་གྱི་འགྱུར་བ་དང་བསྟུན་འགྱུར་བཅས་ཀྱི་རྨང་གཞི་ཡིན་པར་ཤེས་པ་རེད། ཌར་ཝིན་དང་མེན་ཌེལ་གྱོན་ཟིན་པའི་རྗེས་ཀྱི་ལོ་ངོ་བཅུ་ཕྲག་འགའི་ནང་དུ་ཚན་རིག་པ་གཞན་མང་པོས་ཁོང་གཉིས་ཀྱིས་བརྗོད་པའི་རིག་པ་ཟབ་པོ་དེ་དག་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་བྱུང་བསྒྲིགས་ལ། དེ་དང་ཆབས་ཅིག་དེ་དག་གི་སྟེང་དུ་གསར་རྟེན་གྱི་གནས་ཚུལ་མང་པོ་བསྣན་ཡོད། གསར་རྟེན་འདི་དག་གི་ཁྲོད་དུ་ སྔར་མེན་ཌེལ་གྱིས་རྣམ་རྟོག་གི་འཆར་སྒོའི་ཚུལ་ཙམ་དུ་བརྗོད་པའི་རིགས་རྫས་དང་འབྲེལ་བའི་འདུས་རྟུལ་རིམ་པའི་ཤེས་བྱ་ཡང་འདུས་ཡོད་པ་རེད།

ཌར་ཝིན་དང་མེན་ཌེལ་གཉིས་གྱོན་ཟིན་པའི་རྗེས་སུ་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་རིགས་རྫས་འདི་དག་འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མངར་ཉིང་སྐྱུར་རྫས་སམ་མིང་གཞན་ཌི་ཨེན་ཨེ་ན་འདོད་པའི་འདུས་རྟུལ་ལས་གྲུབ་པར་རྟེན་རྟོགས་བྱུང་ཡོད་ལ། ད་ཆ་ང་ཚོས་རིགས་རྫས་ལ་ནང་གསེས་རྣམ་འགྱུར་མི་འདྲ་བ་ཡོད་པ་དེ་དག་ཌི་ཨེན་ཨེའི་སྟེང་གི་རྫས་ཆའི་ཆགས་ཚུལ་མི་འདྲ་བའི་དབང་གིས་ཡིན་པར་ཤེས་ཀྱི་ཡོད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡིས་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་བྱ་བ་ཕལ་ཆེར་བསྒྲུབ་པའི་སྤྲི་རྫས་དང་འདུས་རྟུལ་གཞན་དག་གི་བཟ་སྒྲིག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ལ་ཡོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ནང་གི་ཌི་ཨེན་ཨེ་དེ་སྐྱེ་ལྡན་དེའི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་ཐམས་ཅད་ལ་གཅིག་མཚུངས་སུ་ཡོད་པ་རེད། ཌི་ཨེན་ཨེའི་སྟེང་གི་རྫས་ཆའི་ཆགས་ཚུལ་ལ་འགྱུར་བ་འགྲོ་བ་ནི། དཔེར་ན་མཚན་མའི་ཕྲ་ཕུང་འགྲུབ་པ་དང་ཁམས་ཕུང་འདྲེས་སྦྱོར་བྱུང་བའི་སྐབས་ཌི་ཨེན་ཨེ་འདྲེས་བསྲེས་ཐེབས་པ་ལྟ་བུ་རྒྱུན་ལྡན་ཅན་གྱི་རང་བྱུང་རྒྱུད་རིམ་ཞིག་གི་མཐུག་འབྲས་སུ་འགྱུར་བ་དེ་འདྲ་འབྱུང་སྲིད་ལ། ཡང་ན། ཁོར་ཡུག་ཁྲོད་ཀྱི་རྒྱུད་ལམ་ཞིག་གིས་བསྐྱངས་པའི་རྒྱུན་ལྡན་མིན་པའི་འགྱུར་བ་གམ། ཌི་ཨེན་ཨེའི་འདྲ་བཤུས་བཟོ་བའི་སྐབས་ལྟ་བུའི་རང་བྱུང་གི་རྒྱུད་རིམ་ནང་ནོར་འཁྲུལ་ཐེབས་པའི་མཐུག་འབྲས་སུ་འགྱུར་བ་དེ་འདྲ་འབྱུང་སྲིད་པ་རེད།

དེས་ན་ཕྱི་རྣམ་(མངོན་གསལ་མཚན་རྣམ་)མི་གཅིག་པའི་གྲུབ་འབྲས་དེ་ཌི་ཨེན་ཨེའི་ཆགས་ཚུལ་(རིགས་རྫས་འདུས་ལུགས་)ལ་འགྱུར་བ་ཕྱིན་པ་ཁོ་ནས་བསླངས་པ་དེ་འདྲ་མིན། རིགས་རྫས་ངེས་བཟུང་ཞིག་གི་རྣམ་པ་སད་ལུགས་ལ་བྱེད་ནུས་འདོན་པའི་སྒོ་ནས་ཁོར་ཡུག་གིས་ཁྱད་གཤིས་ཀྱི་སྟེང་དུ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོས་ཆོག དེ་ཡང་རིགས་རྫས་ཤིག་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་དུས་ནམ་གྱི་ཚེ་འཕོ་འགྱུར་སོང་བ་དང་། རིགས་རྫས་དེའི་ཆ་ཤས་ཅི་ཙམ་ཞིག་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་གྱུར་པ་དང་། དེ་འདྲའི་འཕོ་འགྱུར་དེ་ཕྲ་ཕུང་གང་ཞིག་གི་སྟེང་དུ་བྱུང་བ་བཅས་ཀྱིས་ཁྱད་པར་ཧ་ཅང་ཆེན་པོ་བཟོ་བ་རེད། སྔར་གོང་དུ་ང་ཚོས་ཌི་ཨེན་ཨེ་གཅིག་གྱུར་ལྡན་པའི་རིགས་རྫས་གཅིག་པའི་མཚེ་མ་གཉིས་སོ་སོར་སྦྱོང་འདྲིས་བྱེད་སའི་ཁོར་ཡུག་གི་དབང་གིས་ཕྱི་རྣམ་མི་འདྲ་བར་གྱུར་ཚུལ་ཐད་སློབ་སྦྱོང་བྱས་ཡོད། ང་ཚོས་ཤེས་བྱ་འདི་དང་གཞན་དག་གི་ཐད་ཕྲ་ཕུང་རིམ་པའི་གནས་སྐབས་ལ་དཔྱེ་ཞིབ་བྱེད་པ་བརྒྱུད་གཤམ་དུ་ཞིབ་ཕྲ་གྲོས་བསྡུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།

ཁོར་ཡུག་དང་སྐྱེ་ལྡན་དབར་གྱི་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་བར་ཞིབ་བསྟ་བྱེད་པ།

རྒྱུན་དུ་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་ཁོར་ཡུག་གིས་སྐྱེ་ལྡན་སྟེང་བྱེད་ནུས་འདོན་གྱི་ཡོད་ཅེས་བརྗོད་སྲོལ་ཡོད་ཀྱང་། དེའི་ཚབ་ཏུ་ཁོར་ཡུག་གིས་སྐྱེ་ལྡན་དང་ལྷན་དུ་མཉམ་ལས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་ཅེས་བརྗོད་ན་རན་འཚམས་ཆེ་བ་ཡོད། འདིར་བསམ་བློ་འདི་འདྲ་ཞིག་ཐོངས་དང་། ཁྱོད་རང་ཐེ་བའི་སྐྱེ་ལྡན་ཀུན་གྱིས་ཕར་ཁོར་ཡུག་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་བ་བཞིན། ཚུར་ཡང་དེ་ལྟར་བཟོ་བ་རེད། དེས་ན་འདིས་སྐྱེ་ལྡན་གྱིས་ཁོར་ཡུག་ལ་ཁ་སྐྱུར་གཏོང་བ་མཚོན་ལ། དེ་དང་ཕྱོགས་མཚུངས་ཁོར་ཡུག་གིས་ཀྱང་སྐྱེ་ལྡན་སྟེང་གི་ཁྱད་གཤིས་ངེས་ཅན་འགའ་རེ་གདམ་སེལ་བྱེད་ཅིང་། དེ་ལྟར་བདམས་པའི་ཁྱད་གཤིས་དེ་དག་དང་སྐྱེ་ལྡན་དེ་དག་གིས་སླར་ཁོར་ཡུག་ལ་བྱེད་ནུས་འདོན་པས། དེ་ལྟར་དུ་རྒྱུན་ཆད་མེད་པར་འཁོར་ལོའི་ཚུལ་དུ་འགྲོ་ཞིང་། ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་བའི་འཁོར་ལོ་གཅིག་ནས་གཞན་ལ་སྦྲེལ་ཞིང་མཐུད་དེ་གནས་ཡོད། མིའི་འགྲོ་བས་ཁོར་ཡུག་དང་ལྷན་དུ་མཉམ་ལས་ཟམ་མ་ཆད་པར་བྱེད་ཅིང་། ད་ལམ་སྐྱེ་ལྡན་ཉེ་རིགས་གཞན་ཐམས་ཅད་ལས་མང་བ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དེ་ཡང་འདས་པའི་ལོ་ངོ་ལྷ་བཅུའི་སྔོན་ཙམ་གྱི་བར་མིས་རང་གིས་ཁོར་ཡུག་དང་ལྷན་དུ་མཉམ་ལས་བྱེད་ཀྱིན་པ་ཇི་བཞིན་མ་ཤེས་བཞིན་དུ་མཉམ་ལས་བྱས་ཡོད། ང་ཚོས་ཁོར་ཡུག་ལ་སྐྱུར་སྐྱུལ་ནུབས་ཆེན་སྤྲོད་ཀྱིན་ཡོད། ལོ་རིམ་དང་པོའི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་ཀྱི་ནང་དུ་དང་། ད་ལྟ་གོང་ཙམ་དུ་སྣར་ཡང་གླེང་བའི་སྲིལ་འབུ་སྐྱ་ཐྲའི་(དཔེ་རིས། ༡)སྐོར་གྱི་དོན་གནས་རྣམས་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། བཟོ་ལས་འཕེལ་རྒྱས་ཀྱི་འགོ་བཙུགས་པའི་དུས་སུ་དབྱིན་ཡུལ་ནང་སྦྲགས་བཙོག་གི་རྐྱེན་



these were the ones that survived and reproduced. As a result the birds see and eat fewer dark moths.

Meanwhile, pollution in the air was having negative effects on the tree growth and on the health of humans and other animals. Humans had created an environment that circled back and affected them negatively. Gradually, using our sense and senses, we began to realize what we were doing to our environment, and we worked to clean it up. When the air became cleaner, there was less soot, the trees became lighter and this once again affected the peppered moths, the birds that eat them, and the health of the trees and other plants and animals, including humans. A recent article from the *Telegraph*, a newspaper in the UK, reveals that peppered moth populations have shifted back to their white coloration in recent years. Check it out on the internet at http://www.telegraph.co.uk/earth/wildlife/5577724/Moth-turns-from-black-to-white-as-Britains-polluted-skies-change-colour.html.

Figure 1: Different colored peppered moths on different colored outdoor environments.

When we look at the bigger picture of environmental health, we see that we still have a long way to go. In the last decade we have heard a lot about global warming and climate change, major negative effects human activities have on the environment (Figure 2). Since the start of the Industrial Revolution, burning vast amounts of fossil fuels like coal and gas, and more recently clearing huge swaths of rainforests, has had a dramatic effect on Earth's atmosphere, causing overall temperatures to increase. This all has happened so rapidly that evolutionary forces cannot keep up, and the atmosphere cannot adapt. The result is altered climate patterns, melting glaciers, flooding shorelines, and great changes (often extinctions) in animal and plant species worldwide. In response, we humans, using our sense and senses, study what we have done to the environment and in turn what it does to us, and we alter our behaviors in hopes of altering the environment. The cycle continues.

OUR MULTIPLE ENVIRONMENTS

Organisms simultaneously engage with several levels of environment. Let's take the example of you in your mother's womb before you were born. As you were developing into an organism ready to be born, you were in several types of environment at once, all of which engaged with you.

Imagine yourself as a single developing brain cell inside your mother years ago. That

དཔེ་རིས། ༡ ཁ་དོག་སྣ་ཚོགས་པའི་ཕྱིའི་ཁོར་ཡུག་ཁྲོད་ཀྱི་ཁ་དོག་སྣ་ཚོགས་པའི་ སྲིལ་འབུ་སྐྱ་ཕྱ།

ཀྱིས་ཕྱོགས་གང་སར་དུ་དྲིག་གིས་ཁེངས་པའི་འབྲས་བུར། དྲི་ནག་བསྒོས་པའི་ཤིང་སྡོང་དེ་འདྲ་རིམ་གྱིས་མཐོང་ཆོས་སུ་གྱུར་ཡོད། དེ་སྔོན་ཤིང་སྡོང་དེ་དག་ཁ་དོག་སྐྱ་ཤས་ཆེ་བའི་སྐབས་སྲིལ་འབུ་སྐྱ་མདོག་ཅན་དེ་འདྲ་དེའི་སྟེང་དུ་བབས་པ་ན་ཤིང་མདོག་དང་འདྲེས་པས་ཕྱིའུས་མཐོང་དཀའ་བར་གྱུར་པས་ཟ་ཐུབ་ཀྱི་མེད། འོན་ཀྱང་ཕྱིས་སུ་རིམ་གྱིས་ཤིང་སྡོང་དེ་དག་ནག་ཤས་ཆེ་བར་གྱུར་པས། སྐྱ་མདོག་ཅན་གྱི་སྲིལ་འབུ་དེ་དག་དེའི་སྟེང་དུ་ལས་སླ་པོར་རྙེད་པས་ལམ་སེང་ཟོས་པ་རེད། དེར་བརྟེན་རང་བྱུང་ཁམས་ཀྱིས་ཁ་མདོག་ནག་ཤས་ཆེ་བའི་སྲིལ་འབུ་དེ་དག་བདམས་ལ། དེའི་དབང་གིས་དེ་དག་འཚོ་སྡོད་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཐུབ་ཤིང་རྒྱུད་འཛིན་ཕྲུ་གུ་ཡང་སྐྱེད་སྤེལ་ཐུབ་ཡོད། དེའི་འབྲས་བུར་ཕྱིའུས་སྲིལ་འབུ་ནག་པོ་རྙེད་དཀའ་བ་དང་ཟ་དཀའ་བར་གྱུར་པ་རེད།

དེའི་བར་ན་རླུང་ཁམས་ཆེན་མོའི་ནང་གི་སྨུགས་རྫས་ཀྱིས་ཤིང་སྡོང་གི་སྐྱི་འཚར་དང་། མི་དང་དུད་འགྲོ་སེམས་ཅན་དག་གི་འཁོར་བསྐྱོད་ཐོག་རྗེས་འབྲས་ངན་པ་བཞག་པ་དང་། མིས་རང་སྟེང་དུ་ཕྱུར་བྱེད་ནུས་ངན་པ་འདེབས་མཁན་གྱི་ཁོར་ཡུག་ཅིག་བསྐྲུན་ཡོད། ག་ལེར་མི་རྣམས་ཀྱིས་རང་གི་སྒོ་ལྔའི་དབང་པོ་དང་རྣམ་དཔྱོད་བེད་སྤྱོད་པའི་སྒོ་ནས་ཁོར་ཡུག་གི་སྟེང་དུ་མིས་བཟོས་པའི་གནས་སྟངས་དེ་དག་ཤེས་འགོ་ཚུགས་པ་ན་སྨུགས་བཅོག་དེ་དག་བསལ་རྒྱུའི་ལས་རིམ་བརྩམས། རླུང་ཁམས་དེ་གཙང་དུ་གྱུར་ཅིང་དུ་དྲིག་ཞུང་དུ་སོང་བས། ཤིང་སྡོང་དེ་དག་གི་ཁ་དོག་སླར་སྐྱ་ཤས་ཆེ་རུ་གྱུར། འདིས་སླར་ཡང་སྲིལ་འབུའི་ཚོགས་དང་། དེ་དག་གཟན་དུ་སྤྱོད་པའི་འདབ་ཆགས་དང་། མིའི་འགྲོ་བ་ཟེ་བའི་སེམས་ཅན་དང་། ཤིང་སྡོང་དང་རྩི་ཤིང་གཞན་དག་བཅས་ཀྱི་འཁོར་བསྐྱོད་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་བའི་འགོ་བརྩམས་ཡོད། དབྱིན་ཡུལ་གྱི་ཚགས་ཤོག"རྒྱང་འཕྲིན"ཞེས་པར་ཐོན་པའི་ཉི་འཆར་གྱི་འབྲི་རྩོམ་ཞིག་ཏུ་གསལ་བ་ལྟར་ན། ཉེ་བའི་ལོ་ངོ་ཁ་ཤས་ནང་སྲིལ་འབུ་སྐྱ་ཐིའི་ཕྱི་མདོག་དེ་སྐྱ་ཞད་ཆེ་སའི་ཕྱོགས་སུ་ཁ་ལོ་བསྒྱུར་ཡོད་ཚུལ་བཀོད་འདུག འདིའི་སྐོར་ཞིབ་ཕྲ་ཤེས་འདོད་ན་གཤམ་འཁོད་དྲ་གནས་དེར་ཕེབས་རོགས། http://www.telegraph.co.uk/earth/wildlife/5577724/Moth-turns-from-black-to-white-as-Britains-polluted-skies-change-colour.html.

ང་ཚོས་ཁོར་ཡུག་འཁོར་བསྐྱོད་ཀྱི་གནས་སྟངས་ཆེ་ས་ལ་བལྟས་ན། ང་ཚོ་ད་དུང་ཡང་ཡང་རྒྱས་མང་པོ་གཏོང་རྒྱུ་བསྟད་ཡོད་པ་མཐོང་ཐུབ། འདས་པའི་ལོ་ངོ་བརྒྱ་ཕྲག་གཅིག་ཕྱུ་དེའི་ནང་ང་ཚོས་གོ་ལ་ཚ་གྱུར་དང་གནམ་གཤིས་འགྱུར་ལྡོག་སྐོར་དང་། མིའི་བྱེད་ཐབས་ཀྱིས་ཁོར་ཡུག་སྟེང་བཞག་པའི་ཚབས་ཆེ་བའི་རྗེས་འབྲས་ངན་པ་མང་པོའི་སྐོར་གོ་ཐོས་བྱུང་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༢) བཟོ་ལས་གསར་བརྗེ་འགོ་བརྩམས་པ་ནས་བཟུང་ད་བར་རྡོ་སོལ་དང་སྣུམ་རྫས་ལྷ་བུའི་ཞིག་གྱུར་འབྱུང་རྫས་འཐོན་ཆེ་བསྲེགས་པ་དང་། ཉེ་བའི་དུས་སུ་ཚར་ལོངས་ཆེ་སའི་ཤིང་སྣ་མང་པོ་གཅོད་འབྲེག་གི་བྱ་གཞག་དེ་དག་གིས་སའི་གོ་ལའི་རླུང་ཁམས་ཆེན་མོའི་སྟེང་ཚབས་ཆེའི་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོས་ཡོད་པ་དེས་སྤྱི་ཡོངས་ཀྱི་དྲོད་ཚད་འཕེལ་བའི་རྐྱེན་བྱས་ཡོད། འདི་ཀུན་ད་ཅང་མགྱོགས་མྱུར་སློབས་བྱུང་བ་ལ་བརྟེན་ནས་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དག་གིས་འདིའི་རྗེས་ཟིན་ཀྱི་མེད་ལ། རླུང་ཁམས་ཆེན་མོས་ཀྱང་འདི་དང་བསྟུན་འཁོར་བྱེད་ཐུབ་ཀྱི་མེད། འདིའི་མཇུག་འབྲས་སུ་གནམ་གཤིས་ཀྱི་བཀོད་པ་ལ་འགྱུར་ལྡོག ཁྱགས་རོམ་བཞུ་བ། རྒྱ་མཚོའི་གྲམ་ཁར་ཆུ་ལོག འཛམ་གླིང་ཁྲོད་ཡོངས་སུ་རྩི་ཤིང་དང་སྲོག་ཆགས་ལ་འཕོ་འགྱུར་ཚབས་ཆེ་(མང་པོ་རྩ་སྟོང་སོང་བ་)འདི་དག་འབྱུང་བཞིན་ཡོད། འདི་ལ་ལན་འདེབས་ཀྱི་ཚུལ་དུ་མི་རྣམས་ཀྱིས་རང་གི་སྒོ་ལྔའི་དབང་པོ་དང་རྣམ་དཔྱོད་བེད་སྤྱོད་པའི་སྒོས་ཁོར་ཡུག་སྟེང་མིས་བཟོས་པའི་གནས་སྟངས་དང་། ཁོར་ཡུག་གིས་ཚུར་མི་ལ་བཟོས་པའི་གནས་སྟངས་བཅས་ལ་དབྱེ་ཞིབ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད་ལ། ཁོར་ཡུག་རང་སོར་ཆུད་པའི་རེ་བའི་ཕྱོགས་སུ་མིའི་བྱ་སྤྱོད་ལ་བཅོས་འགྱུར་གཏོང་བཞིན་ཡོད། དེ་ལྟའི་འཁོར་ལོ་དེ་རྒྱུན་མར་འཁོར་བཞིན་ཡོད།

རིམ་པ་མང་ལྡན་གྱི་ང་ཚོའི་ཁོར་ཡུག

སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་ཀྱིས་དུས་གཅིག་ཏུ་ཁོར་ཡུག་གི་རིམ་པ་དུ་མར་མཉམ་ལས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཁྱོད་རང་དང་ཕྱིར་མ་བཅས་གོང་དུ་ཨ་མའི་མངལ་དུ་ཡོད་པའི་གནས་སྐབས་དེར་དཔེར་མཚོན་ནས་བཤད་ན། ཁྱོད་ཉིད་རིང་མིན་ཕྱིར་བཙའ་རྒྱུའི་སྐྱེ་ལྡན་ཞིག་གི་ངོ་བོར་འཚར་លོངས་བྱེད་ཀྱིན་དུ་གནས་པའི་ཚེ། དུས་གཅིག་ཏུ་ཁྱོད་རང་ཁོར་ཡུག་མི་འདྲ་བ་སྣ་ཚོགས་ཤིག་ཏུ་འཁོད་ཡོད་ལ། དེ་ཀུན་ཁྱོད་དང་ལྷན་དུ་སྤེལ་སྦྱོར་བྱེད་བཞིན་ཡོད།

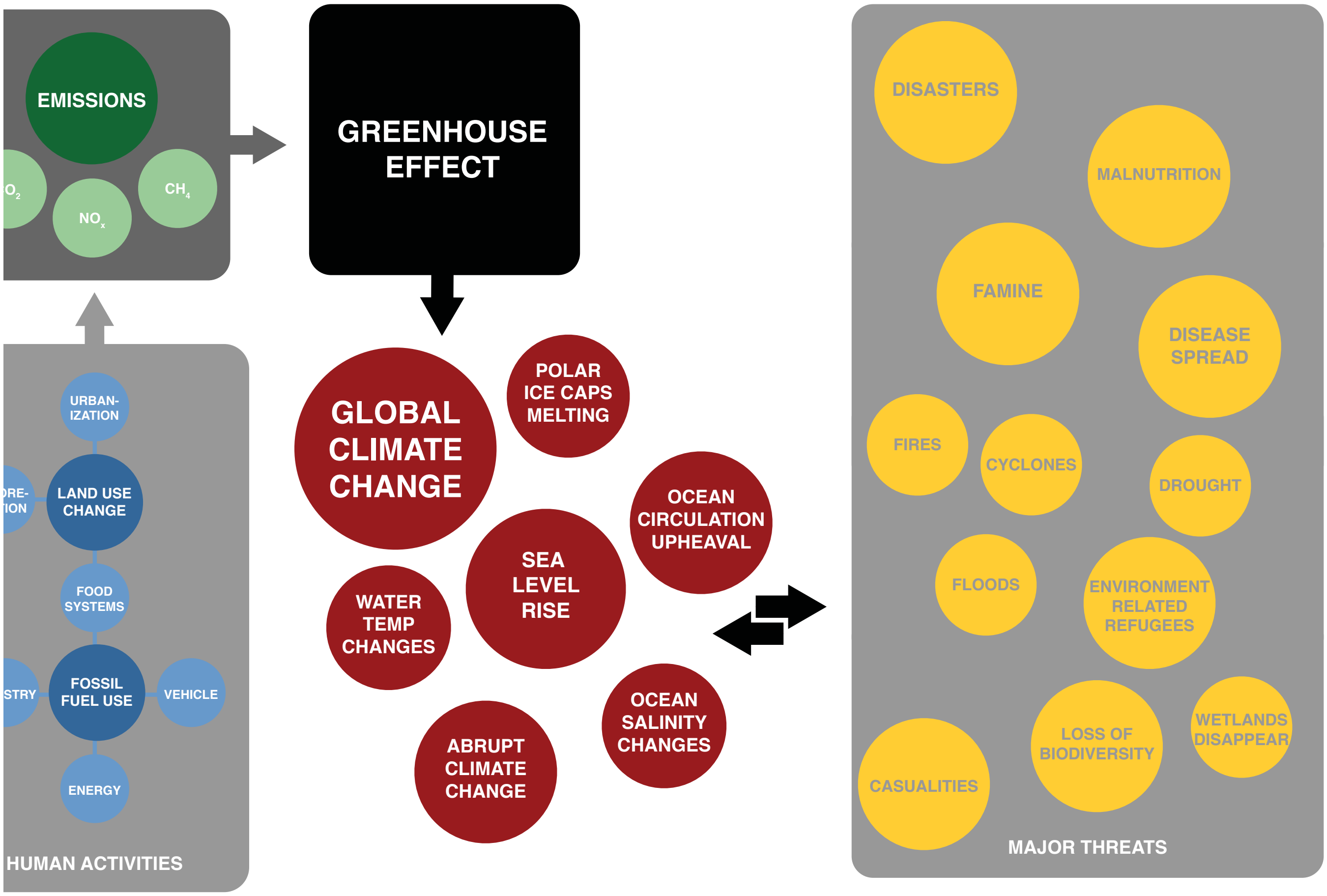
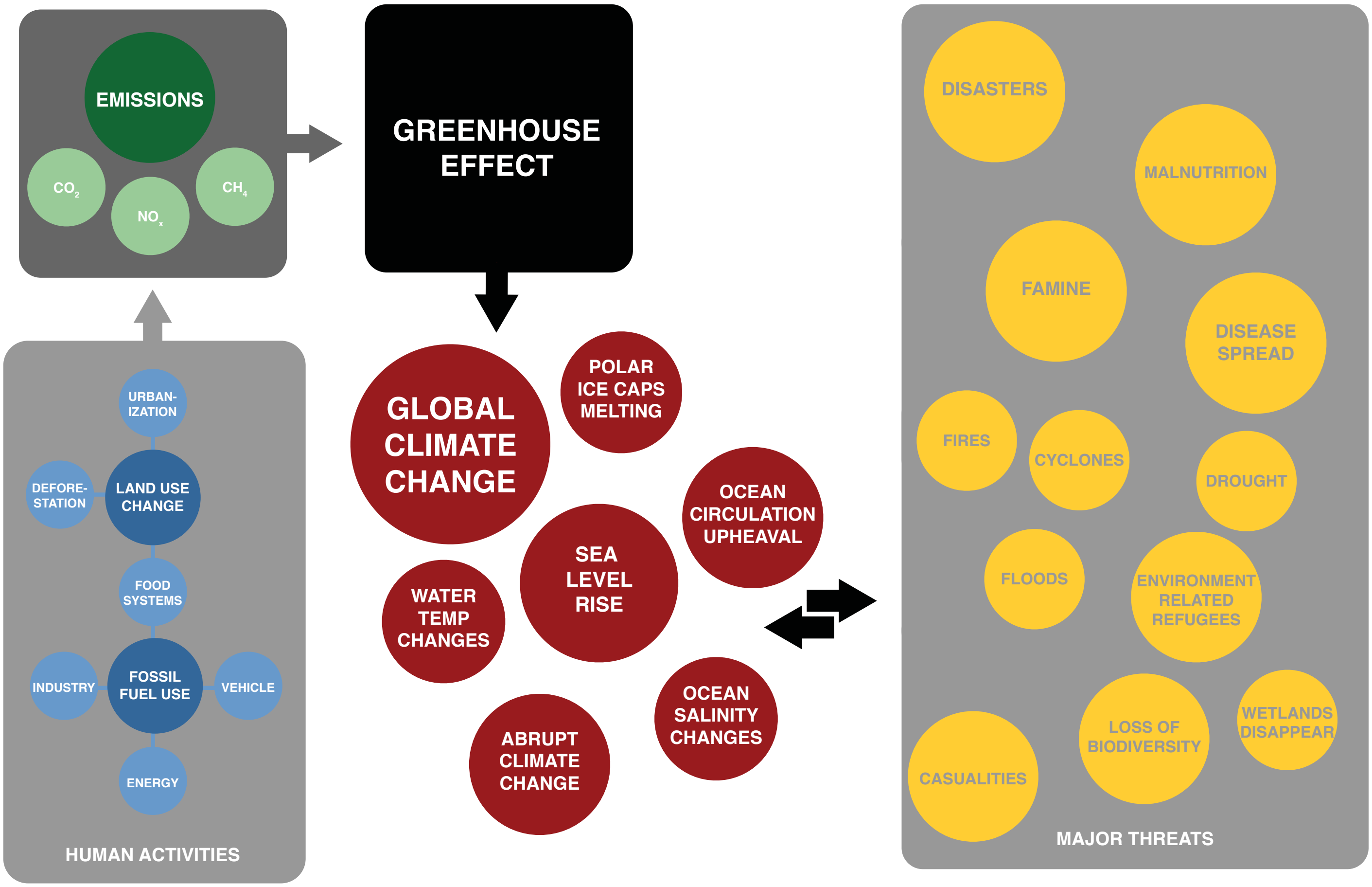


Figure 2: The diagram outlines the ways in which human activities impact the global climate. Often, human activities have a strong impact that in turn drives climate change forward. The original image, from which this one is adapted, is available at http://www.grida.no/publications/vg/kick/.

brain cell was in the cellular environment of your brain, where it was being affected by the other developing brain cells around it. The cell was at the same time in the greater environment of your whole body and all the systems of your body, which were already communicating with each other.

You and your brain cell were also in the maternal environment of your mother's cells and body. Experiences your mother and her body had affected you and your cells. At the same time, you were in the environment of the world in which your mother lived and into which you were soon to be born. Your mother's health, diet, and even her thoughts and actions affected you and your brain cell(s). The greater environment of your mother's world—her village, nation, planet and its weather, diseases, and seasons, were also affecting that brain cell.

All these environments, from big to small, affect all developing organisms, before those organisms are born and after. The brain cell is changed by and changes the cells around it. The brain is changed by and changes the new baby, who changes its mother before and after its birth. Then, you, the baby, and your brain grew up and changed and continue to be changed by all levels of the environment. This back and forth between the



དཔེ་རིས། ༧ རིས་འགྲེལ་འདིས་མིའི་བྱ་གཞག་གིས་གོ་ལའི་གནམ་གཤིས་སྟེང་དུ་བྱེད་ནུས་འདོན་ཚུལ་གསལ་སྟོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། མིའི་བྱ་གཞག་གིས་ དུས་ནས་དུས་སུ་བྱེད་ནུས་བཏོན་པ་དེས་གནམ་གཤིས་ལ་འགྱུར་ལྡོག་མྱུར་བར་སྐྱལ་གྱིན་ཡོད། དཔེ་རིས་འདི་གང་ལ་གཞི་བྱེད་སའི་མ་ཕྱིའི་དཔེ་རིས་དེ་གཤམ་གསལ་དྲ་རྒྱའི་ངོས་སུ་རྙེད་ཐུབ། http://www.grida.no/publications/vg/kick/

ཁྱོད་ཉིད་ལོ་ངོ་མང་པོའི་སྔོན་དུ་རང་གི་ཨ་མའི་མངལ་དུ་འཚར་བཞིན་པའི་ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་གཅིག་གི་ངོ་བོར་གྲུབ་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། དེ་དུས་དེ་འདྲའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་རང་གི་ཀླད་པའི་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་རིམ་པའི་ཁོར་ཡུག་ནང་འཁོད་ཡོད་ཅིང་། རང་གི་མཐའ་འཁོར་དུ་འཚར་ལོངས་བྱེད་བཞིན་པའི་ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་གིས་ཁྱོད་རང་སྟེང་བྱེད་ནུས་འདོན་གྱིན་དུ་གནས་ཡོད་པ་རེད། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཁྱེད་རང་གི་ལུས་པོ་གང་པོ་དང་ལུས་པོའི་ནང་གི་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་མཐུད་བྱེད་བཞིན་པའི་མ་ལག་ཡོངས་རྫོགས་ཚང་བའི་ཁོར་ཡུག་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བའི་ནང་འཁོད་ཡོད་པ་རེད།

སྐབས་དེར་ཁྱེད་རང་དང་ཁྱེད་རང་གི་ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་གཉིས་རང་གི་ཨ་མའི་ལུས་ཕུང་དང་ཨ་མའི་ཕྲ་ཕུང་ཚོགས་ཀྱིས་འདུས་པའི་མའི་ཁོར་ཡུག་གི་ཁྲོད་དུའང་གནས་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་མ་དང་མའི་ལུས་པོས་མྱངས་པའི་མྱོང་ཚོར་དག་གིས་ཀྱང་ཁྱེད་དང་ཁྱེད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གི་སྟེང་དུ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོས་ཡོད། དེ་དང་ཆབས་ཅིག་སྐབས་དེར་ཁྱོད་ཉིད་རང་གི་ཨ་མ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་སའི་འཛམ་གླིང་འདིའི་ཁོར་ཡུག་གི་ཁྲོད་དུ་གནས་ཡོད་ཅིང་། འཛམ་གླིང་དེར་ཁྱོད་རང་སྐྱེ་ཐབས་བྱེད་བཞིན་ཡོད། ཁྱེད་ཀྱི་ཨ་མའི་འཕྲོད་བསྟེན། ཟས་བཅུད། ཐ་ན་ཁོང་གི་བསམ་བློ་དང་བྱ་གཞག་དག་གིས་ཀྱང་ཁྱོད་དང་ཁྱོད་ཀྱི་ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་བཞིན་ཡོད། ཁྱེད་ཀྱི་ཨ་མའི་ཡངས་པའི་ཁོར་ཡུག་སྟེ། ཁོང་གནས་སའི་གྲོང་གསེབ། རྒྱལ་ཁབ། གོ་ལ་དང་། དེ་དག་གི་གནམ་གཤིས། ནད་རིགས་དང་། ནམ་དུས་བཅས་ཀྱིས་ཀྱང་དེ་འདྲའི་ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེར་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོས་ཡོད།

འཚར་ལོངས་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་ལྡན་ཀུན་ལ་རང་ཉིད་མ་སྐྱེས་པའི་གོང་དུ་དང་། སྐྱེས་ཚར་པའི་འོག་དག་ཏུ་ཆེ་ས་ནས་ཆུང་བའི་བར་གྱི་ཁོར་ཡུག་གི་རིམ་པ་འདི་ཀུན་གྱིས་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་གིན་ཡོད། ཀླད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེས་རང་གི་མཐའ་འཁོར་གྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་ཕར་ཁ་སྐྱུར་བྱེད་ཅིང་། དེ་དག་གིས་ཚུར་ཡང་ཁ་སྐྱུར་བྱེད། ཀླད་པས་བྱས་པ་དེར་ཕར་ཁ་སྐྱུར་

individual and its environments is reflected over time at the species and population level, as we explored in Life Sciences Primer 1.

SENSING THE ENVIRONMENTS

So, all these cells and organisms affect their environments and vice versa. You might think of this as a kind of conversation: you and your cells sense the environment and your environment responds. In this primer, we will use one of your actual senses as an example of this conversation.

We directly interact with our environment through our five senses: hearing, vision, touch, smell, and taste. You can learn a lot about vision in the Neurosciences Primers 1 and 2. Here we focus on a different sense: touch. The concepts and basic cellular processes we will discuss, though, are similar for any sense.

As you have been learning, Western scientists understand processes by breaking them down into smaller and smaller pieces and then building them back up—back and forth in another kind of conversation, one between the 'small picture' and the 'big picture'—until we can test and recreate the process or system.

To begin our discussion of touch, perform the exercise in the sidebar. When we did this exercise with monks and nuns in our class in Dharamsala, they came up with a list that went something like this:

> You touch the cup.
> It 'feels' hot.
> The message about 'hot' goes to your brain.
> Your nervous system interprets this message to mean 'hot'.
> Your nervous system somehow (from past experience?) knows this is dangerous.
> Your nervous system sends another message to your muscles in your arm to move.
> Your arm jerks your hand away from the cup (before you are burned).

Neuroscientists call this set of steps the **withdrawal reflex**, because we withdraw our hand reflexively (without thinking about it). Now, to begin to understand touch, here are the questions a scientist might ask:

- What are the parts or steps of the touch sensing system?

YOUR TURN: WHAT DOES IT MEAN TO SENSE?

What do you think? Come up with a definition for 'sense.'

Develop a hypothesis, a prediction based on that hypothesis, and an experiment to test your prediction.

Are humans the only organisms capable of sensing? How would you test your answers to this question?

Think back to our discussions about the concept of evolution. How might senses have evolved?

YOUR TURN: EXPERIMENTING WITH TOUCH

To explore the sense of touch, let's start with the bigger picture. Draw a picture of yourself touching an extremely hot cup of chai. Under the picture make a list of things you think happen; start with you touching the cup and finish with you jerking your hand away so you don't get burned. Add arrows to your picture to indicate the directionality of the processes in your list.

བྱེད་ཅིང་། བྱིས་པ་དེས་ཀྱང་དེར་ཚུར་ཁ་སྒྱུར་བྱེད་ལ། བྱིས་པ་དེས་རང་ཉིད་མ་སྐྱེས་པའི་གོང་དུ་དང་། སྐྱེས་ཆར་པའི་འོག་ཏུ་རང་གི་ཨ་མར་ཁ་སྒྱུར་བྱེད་ཀྱིན་ཡིན། སྐབས་དེར་བྱིས་པའི་ངོ་བོར་གྱུར་པའི་ཁྱོད་དང་། ཁྱོད་ཀྱི་ཀླད་པ་གཉིས་འཚར་ལོངས་བྱུང་ཞིང་། ཁོར་ཡུག་གི་རིམ་པ་ཀུན་གྱིས་དེར་ཁ་སྒྱུར་བྱས་དང་བྱེད་མུས་ཡིན། འདི་ལྟར་དུ་སྐྱེ་ལྡན་ཁེར་རྐྱང་ཞིག་དང་དེའི་ཁོར་ཡུག་དག་གི་དབང་ཕན་ཚུན་ཁ་སྒྱུར་བྱེད་རེས་ཀྱི་གོ་རིམ་ནི་དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྱོད་སྐྱེ་ལྡན་ཉེ་རིགས་དང་ཚོགས་འདུས་ཀྱི་རིམ་པར་མངོན་པར་གསལ་ཡོད་ཅིང་། འདི་ཉིད་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་ང་ཚོས་ཞིབ་འཚོལ་བྱས་ཟིན་པ་རེད།

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས།
ཚོར་བའི་བྱ་གཞག་འདི་ཅི་ཞིག་ལ་ཟེར་རམ།

ཁྱེད་ཀྱི་བསམ་ཚུལ་ཇི་འདྲ་ཡིན། 'ཚོར་བའི་'གོ་དོན་ཞིག་ཤོད།

ཁྱོད་ཀྱིས་ཚོད་རྩིས་ཤིག་སྒྲིག་ས་ལ། དེ་གཞིར་བྱས་ནས་སྟོན་དཔག་ཅིག་བྱོས། དེ་ནས་སྟོན་དཔག་དེར་དག་བཤེར་བྱེད་པའི་ཐབས་སུ་བརྟག་དཔྱད་ཅིག་ཤོམས།

སྐྱེ་ལྡན་གྱི་ཁོངས་ནས་དབང་ཚོར་དང་ལྡན་མཁན་དེ་མིའི་འགྲོ་བ་ཉག་ཅིག་ཡིན་ནམ། དྲི་བ་འདིར་གདབ་རྒྱུའི་ཁྱོད་རང་གི་ལན་དེར་ཁྱོད་ཉིད་ཀྱིས་དག་བཤེར་ཇི་ལྟར་བྱའམ།

འཕེལ་འགྱུར་གྱི་རྣམ་གཞག་དང་འབྲེལ་བའི་སྔར་གྱི་གྲོས་སྡུར་རྣམས་ལ་ཕྱིར་དྲན་ཞིག་བྱོས། དབང་ཚོར་རྣམས་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་འཕེལ་འགྱུར་བརྒྱུད་ཡོད་སྲིད་དམ།

ཁོར་ཡུག་ལ་ཤེས་ཚོར་བསྐྱེད་པ།

དེས་ན་ཕྲ་ཕུང་དང་སྐྱེ་ལྡན་འདི་ཀུན་གྱིས་ཁོར་ཡུག་ལ་ཕར་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་ཞིང་། དེ་དག་གིས་ཀྱང་ཚུར་བཟོ་བ་རེད། ཁྱོད་ཀྱིས་བྱེད་རིམ་འདི་གླིང་མོལ་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ཏུ་བལྟས་ཆོག་སྟེ། ཁྱོད་དང་ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གིས་ཁོར་ཡུག་སྤྱོད་ཞིང་ཚོར་ལ། ཁོར་ཡུག་གིས་དེར་ཡ་ལན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་འདིར་ང་ཚོས་དབང་ཚོར་གྱི་ནང་ནས་གཅིག་དངོས་སུ་དཔེར་བཟུང་ནས་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་གླིང་མོལ་གྱི་རྣམ་པ་དེ་མཚོན་པར་བྱའོ། །

ང་ཚོས་སྒྲ་ཚོར་དང་། གཟུགས་ཚོར། རེག་ཚོར། དྲི་ཚོར། རོ་ཚོར་ཏེ། དབང་ཚོར་ལྔའི་བརྒྱུད་ནས་ཁོར་ཡུག་དང་ཐད་ཀར་འབྲེལ་སྤྱོར་བྱེད་ལ། དེ་དག་ལས་གཟུགས་ཚོར་སྐོར་དབང་རྩའི་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོ་དང་གཉིས་པའི་ནང་ཁྱོད་ཀྱིས་མང་པོ་ཞིག་ཤེས་ཐུབ། འདིར་ང་ཚོས་དེ་ལས་གཞན་པའི་དབང་ཚོར་ཞིག་སྟེ། རེག་ཚོར་དམིགས་སུ་བཀར་ནས་གླིང་རྒྱུ་ཡིན། འོན་ཀྱང་ང་ཚོས་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུའི་རྣམ་གཞག་དང་ཕྲ་ཕུང་རིམ་པའི་རྨང་གཞིའི་རྒྱུད་རིམ་དག་ནི་དབང་ཚོར་གྱི་རིགས་ཀུན་ལ་གཅིག་མཚུངས་སུ་རིགས་བསྒྲེ་ཐུབ་པ་རེད།

ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་བཞིན་པ་ལྟར། ནུབ་ཕྱོགས་པའི་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་བྱེད་རིམ་དག་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་སྐབས། དེ་ཉིད་དུམ་བུ་ཆུང་ངུ་མང་པོར་དཀྲུམ་པ་དང་སྐར་རང་སོར་བསྒྲིག་པ་སྟེ། བྱེད་རིམ་མམ་མ་ལག་དེར་དག་བཤེར་ཐུབ་པ་དང་བསྐྱར་བཟོ་ཐུབ་པ་མ་བྱུང་གི་བར་དུ་རྣམ་པ་ཕྲ་མོ་དང་རྣམ་པ་རགས་པའི་དབར་གྱི་གླིང་མོལ་ལྟ་བུའི་རྒྱུད་རིམ་ནང་རྒྱུན་བསྲིངས་ཏེ་ལན་མང་སྣ་མཐུད་དུ་རྒྱུ་བར་བྱེད་དོ།།

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས།
རིག་ཚོར་དང་འབྲེལ་བའི་བརྟག་དཔྱད།

རིག་ཚོར་སྐོར་ཞིབ་འཚོལ་བྱེད་ཆེད་ང་ཚོས་ཐོག་མར་རགས་རིམ་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ལ་བལྟ་ལ། ཛ་བླུགས་པའི་ཕོར་པ་ཏ་ཙང་ཚ་པོ་ཞིག་ལ་ཁྱོད་ཀྱིས་རེག་བཞིན་པ་གསལ་བའི་རི་མོ་ཞིག་ཁྱོད་ཉིད་ཀྱིས་ཕྲིས་ལ། རི་མོ་དེའི་གཤམ་དུ་དེ་ལས་འབྱུང་སྲིད་པའི་གནས་དོན་རྣམས་རིམ་པ་བཞིན་ཕྲིས། དེ་ཡང་ཐོག་མར་ཕོར་པ་དེར་རེག་པ་ནས་བཟུང་སྟེ་མཐར་རང་གི་ལག་པ་བསྒྲིག་པ་ལས་སྐྱོབ་པའི་ཆེད་ལག་པ་ཚུར་འཐེན་པའི་བར་གྱི་བྱུང་རིམ་རྣམས་འཁོད་པར་གྱིས། ཁྱོད་ཀྱི་རེའུ་མིག་ནང་གསལ་བའི་རྒྱུད་རིམ་དེ་དག་གི་ཁ་ཕྱོགས་མཚོན་པའི་ཆེད་རི་མོ་དེའི་ཆ་ཤས་ཕན་ཚུན་བར་མདའ་སྦྲེལ་བྱོས།

རིག་ཚོར་སྐོར་གྱི་ང་ཚོའི་གླིང་མོལ་འགོ་འཛུགས་བྱེད་པ་ལ་ཐོག་མར་ཟུར་ངོས་སུ་གསལ་བའི་གཤར་སྦྱང་དེ་བསྒྲུབ་དགོས། ང་ཚོས་ཇ་རམ་ས་ལར་གླ་བཙུན་ཚོ་དང་མཉམ་དུ་གཤར་སྦྱང་འདི་བསྒྲུབས་སྐབས། ཁོང་ཚོས་གཤམ་གསལ་དང་འདྲ་བའི་རེའུ་མིག་ཅིག་བཟོས་སོང་།

ཁྱོད་ཀྱིས་ཕོར་པར་རེག
དེ་ཉིད་ཚ་པོ་ཡིན་པར་ཚོར།
ཚ་པོའི་བརྡ་འཕྲིན་དེ་ཀླད་པར་འཇོར།
ཁྱོད་ཀྱི་དབང་རྩ་མ་ལག་གིས་བརྡ་འཕྲིན་དེའི་གོ་དོན་'ཚ་པོ་'ཞེས་པའི་དོན་དུ་བརྡ་སྒྱུར་བྱེད།
ཁྱོད་ཀྱི་དབང་རྩ་མ་ལག་གིས་ཐབས་ཤིག་གི་སྒོ་ནས་(སྟེར་ཀྱི་ཉམས་མྱོང་ལས་?)འདི་ཉིད་ཉེན་ཁ་ཅན་དུ་ཤེས།
ཁྱོད་ཀྱི་དབང་རྩ་མ་ལག་གིས་རང་གི་དཔུང་པའི་སྟེང་གི་ཤ་གྲིམ་དག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་བཏང་སྟེ་དཔུང་པ་
འགུལ་དུ་འཇུག
(ཁྱོད་ཀྱི་ལག་པ་མ་ཚིག་གོང་ནས་)ཁྱོད་ཀྱི་དཔུང་པ་གཡུགས་ཏེ་ཕོར་པ་ལས་ལག་པ་ཚུར་འཐེན་པར་བྱེད།

དབང་རྩ་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་བྱ་གཞག་གི་རིམ་པ་འདི་ལ་རང་འགུལ་ཕྱིར་ལྡོག་ཚོར་ལན་ཟེར་བ་རེད། གང་ཡིན་ཞེ་ན་ང་ཚོས་(བསམ་བཞིན་དུ་མ་བྱས་རུང་)རང་འགུལ་གྱི་སྒོ་ནས་རང་གི་ལག་པ་ཕྱིར་འཐེན་གྱིན་ཡོད་པས་ཡིན། ཚན་རིག་པ་ཞིག་རིག་ཚོར་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་པར་རྩོམ་དགོས་ན། གཤམ་གསལ་གྱི་དྲི་བ་དེ་འདྲ་བྱེད་སྲིད་པ་ཡིན།

- How might you identify these parts and determine their roles?
- How do the parts interact with each other and fit back together so that you sense the hot cup?

We will do two things at once in breaking down sensing through touch. At the same time that we *specifically* investigate the sense of touch at the cellular and molecular level, we will learn about the components of cells at the *general* level. That is, we will address these questions: what is the basic anatomy of all cells? What are the basic molecules of life of which cells are made?

Table 1 provides a conceptual outline of our discussion to follow. We will focus on the skin and its cells, the first parts of our bodies that interact with the hot cup of chai.

In general, the steps are as follows: (A) your skin cells 'feel' heat; (B) the cells take that feeling and interpret it; (C) and the cells respond.

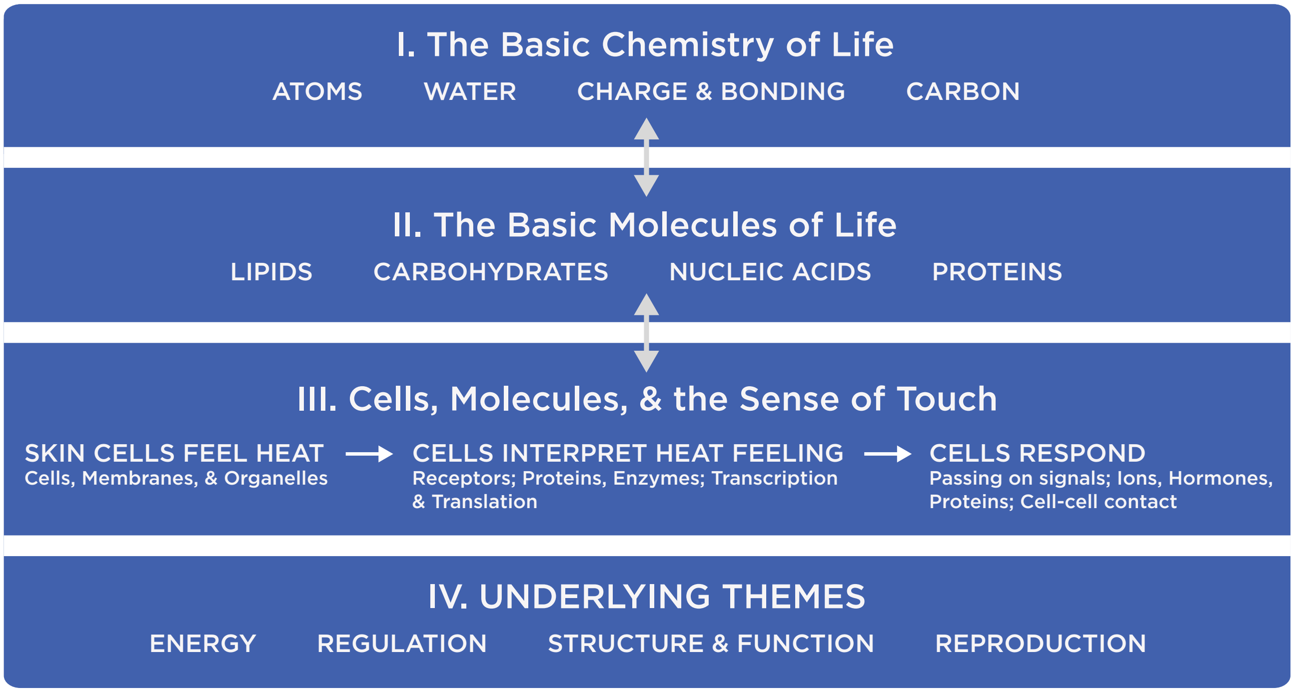


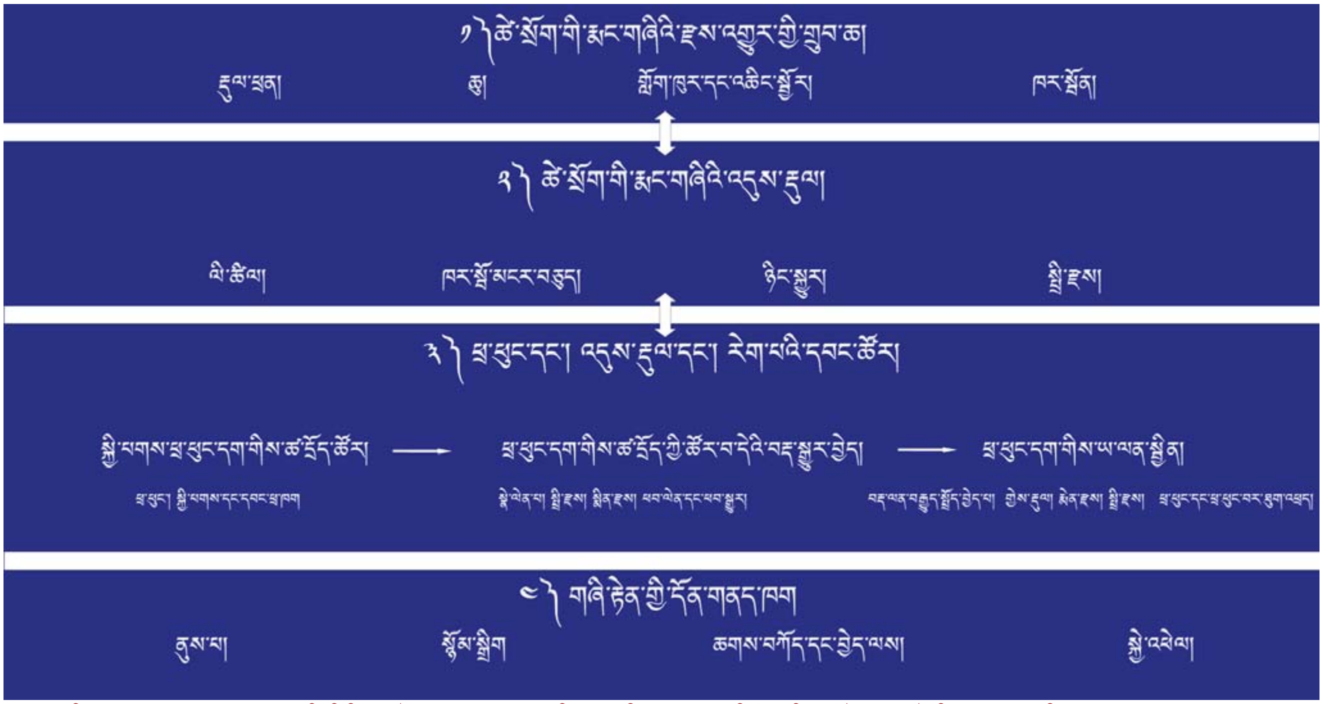
Table 1: A conceptual map of our discussion of sensing, from the chemical to the molecular to the cellular level, in the context of cells and molecules in general.

- རིག་ཚོར་མ་ལག་གི་ཡན་ལག་གམ་གོ་རིམ་གང་དང་གང་ཡིན་ནམ།
- ཁྱོད་ཀྱིས་ཡན་ལག་དེ་དག་ཇི་ལྟར་ངོས་ཟིན་ཐུབ་བམ། ཡན་ལག་དེ་དག་སོ་སོའི་བྱེད་སྒོ་དང་གནད་འགག་ཇི་ལྟར་ངོ་ཚོད་ཐུབ་བམ།
- ཡན་ལག་དེ་དག་ཕན་ཚུན་ཇི་ལྟར་འབྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་དམ། དེ་དག་གཅིག་ཏུ་ཚོགས་པ་ལས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཕོར་པ་ཆ་པོ་ཚོར་ནུས་པ་དེ་འདྲ་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ངམ།

ང་ཚོས་དུས་གཅིག་ལ་ལས་གཉིས་བསྒྲུབ་པའི་སྒོ་ནས་རིག་ཚོར་བསྐྱེད་པའི་གོ་རིམ་འདི་ཞིབ་མོར་བལྟ་བར་བྱ་སྟེ། ང་ཚོས་རིག་ཚོར་དབང་པོའི་ཕྲ་ཕུང་དང་འདུས་རྟུལ་གྱི་རིམ་པར་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་ཞིབ་དཔྱོད་བྱེད་བཞིན་དུ། སྤྱིར་བཏང་གི་རིམ་པར་ཕྲ་ཕུང་གི་གྲུབ་ཆ་དག་ལའང་རྒྱུས་ལོན་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། དེ་ནི་ང་ཚོས་གཤམ་གྱི་དྲི་བ་འདི་དག་ལ་ལན་འདེབས་བྱེད་པར་ཞུགས་པའི་དོན་ཡིན་ཏེ། ཕྲ་ཕུང་ཐམས་ཅད་ཀྱི་གཞི་རིམ་གྱི་གྲུབ་ཆ་དེ་ཇི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་ནམ། ཕྲ་ཕུང་གིས་གྲུབ་པའི་ཚེ་སྲོག་གི་ རྣང་གཞིའི་འདུས་རྟུལ་དེ་དག་གང་དང་གང་ཡིན་ནམ། ཞེས་པའོ།།

རི་འུ་མིག་དང་པོས་གཤམ་དུ་ཡོང་རྒྱུའི་གྲོས་སྟུར་དེའི་རྣམ་གཞག་གི་བཀོད་པ་སྟོན་ལ། དེར་ང་ཚོས་ལུས་ཀྱི་པགས་པ་དང་དེའི་ཕྲ་ཕུང་སྟེ། ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཀྱི་ཁོངས་ནས་ཇ་ཕོར་ཚ་པོ་དེར་རིག་སྦྱོར་བྱེད་པའི་ཡན་ལག་གི་ཐོག་མ་དག་ལ་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་བལྟ་བར་བྱའོ།།

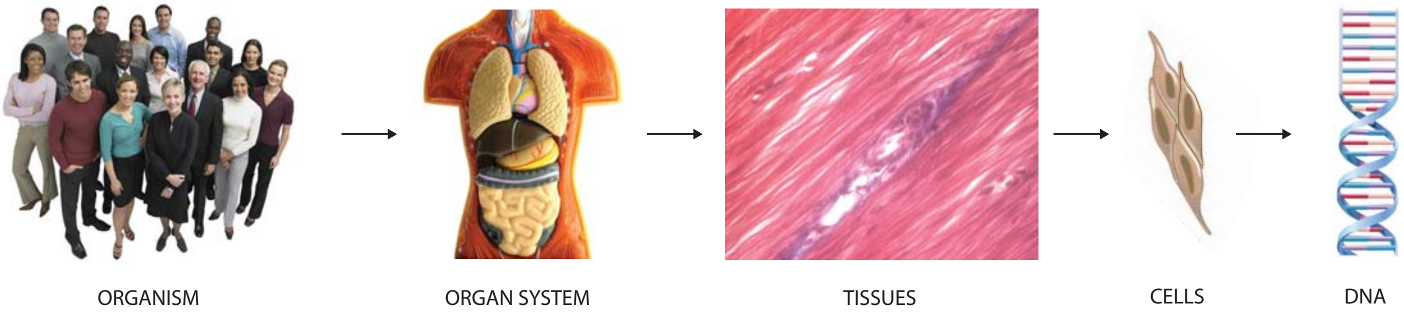
སྤྱིར་བཏང་གི་འབྱུང་རིམ་ནི་འདི་ལྟར་ལགས་ཏེ། ཀ༽ ཁྱོད་ཀྱི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཚ་དྲོད་'ཚོར།' ཁ༽ དེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་གིས་ཚོར་སྒྱོང་དེ་དྲངས་ནས་བརྡ་སྤྲུར་བྱེད། ག༽ དེ་རྗེས་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་གིས་ཀླུར་ཡ་ལན་སྤྲིན་པ་ཡིན།



རི་འུ་མིག ༡ ཕྲ་ཕུང་དང་འདུས་རྟུལ་གྱི་སྤྱིའི་འགྲོས་དང་བསྟུན་ནས་བསྒྲིགས་པའི་དབང་ཚོར་གྱི་བྱེད་རིམ་སྐོར་རྫས་སྦྱོར་རིམ་པ་ནས་བརྩིས་ཏེ་འདུས་རྟུལ་དང་ཕྲ་ཕུང་རིམ་པའི་བར་འདུས་པའི་ཡོང་འགྱུར་གྲོས་སྟུར་དེའི་རྣམ་གཞག་གི་རིས་བཀྲ།

TOUCH: ORGANS, TISSUES, CELLS

When we break down touch or any system this way, we see different levels of structures and processes operating below the level of the organism. The next level down from the organism is the organ system level. Organ systems are interacting organs that together carry out a major organism function. Organs are a collection of like tissues that together carry out life functions. Tissues are communities of similar cells that also work together. Cells are communities of molecules.



In touch, organs and organ systems involved include the skin (Figure 3) and nervous system—composed of the nerves, brain, and spinal cord.

Recall the cell theory from Life Sciences Primer I: cells are the basic unit of all life, and cells arise only from other cells. All of the organs involved in touch are made of cells. Let's think of what a 'touch cell' in the part of your skin touching the hot cup of chai needs to be able to do. Think of each cell as analogous to a whole organism, and you'll see that what the cell does is very similar to what the whole organism does: it 'senses' heat and then sends that 'hot' signal to the central nervous system.

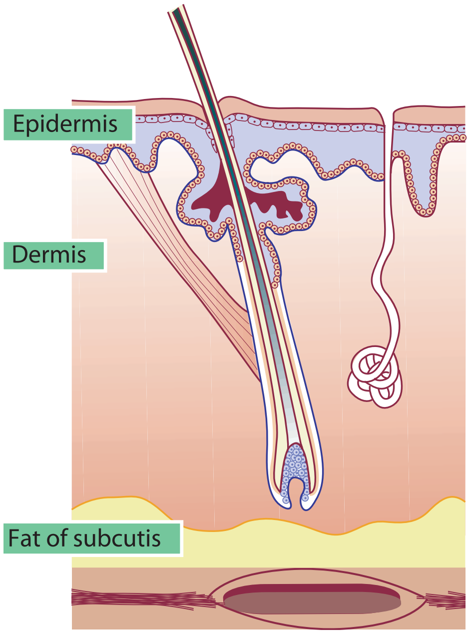


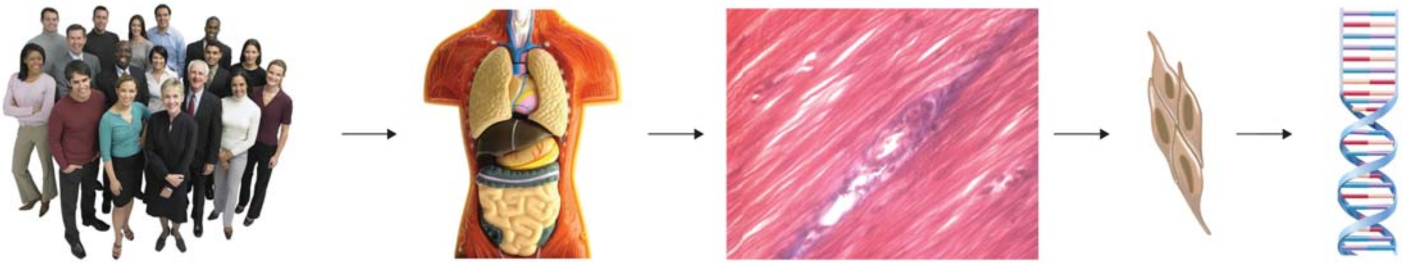
Figure 3: Skin with the different layers of cells and components of skin which will be described later in the chapter.

Remember that at the beginning of Primer 1, we made a list of characteristics that define something as living. By thinking of each cell as analogous to an organism, we see each living cell has the characteristics of a living organism. As we will discuss in detail for the sense of touch, each cell responds to its environment; each cell reproduces—that is, it divides to make a copy of itself; each cell takes in nutrients, converts them to energy and produces waste; and each cell maintains biological balance within itself and with its environment.

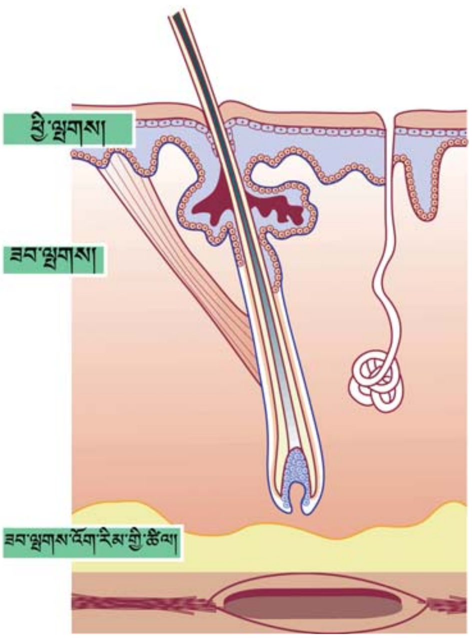
In the case of touching the cup of chai, we are obviously talking about organisms - humans - that have many many cells, but most of the organisms on Earth are single-

རིག་ཚོར་སྐོར་གླེང་བ། དབང་པོ། ཕུང་གྲུབ། ཕྲ་ཕུང་།

རིག་ཚོར་མ་ལག་གམ་ཡང་ན་མ་ལག་གཞན་ཅི་འདྲ་བ་ཞིག་ཚུལ་འདི་ལྟར་དུ་ང་ཚོས་དུམ་བུར་བསལ་བའི་སྐབས། སྐྱེ་ལྡན་ཚང་པོ་ཞིག་གི་རིམ་པའི་འོག་ཏུ་བྱེད་རིམ་དང་ཆགས་བཀོད་ཀྱི་རིམ་པ་སྣ་ཚོགས་ཤིག་རང་རང་གི་ལས་ལ་འཇུག་གིན་དུ་འཁོད་པ་མཐོང་ཐུབ། དེ་ཡང་སྐྱེ་ལྡན་ཚང་པོ་ཞིག་གི་རིམ་པའི་འོག་ཏུ་དབང་པོ་མ་ལག་གི་རིམ་པ་ཡོད། དབང་པོ་མ་ལག་རྣམས་ནི་དབང་པོ་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་བརྒྱུད་སྐྱེ་ལྡན་ཚང་པོ་ཞིག་གི་བྱེད་ལས་གཙོ་ཆེ་བ་རྣམས་མཉམ་འདུབ་ཀྱིས་སྒྲུབ་པའི་དབང་པོའི་ཚོགས་དེ་ལ་ཟེར་བ་རེད། དབང་པོ་རྣམས་ནི་ཕན་ཚུན་མཉམ་འདུབ་ཀྱིས་ཆེ་སྲོག་གི་བྱེད་ལས་སྒྲུབ་པའི་རིགས་མཚུངས་པའི་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་ཚོགས་ལ་ཟེར་ལ། ཕུང་གྲུབ་རྣམས་ནི་མཉམ་ལས་ལ་ཞུགས་པའི་རིགས་འདྲ་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་ལ་བརྗོད་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ནི་འདུས་རྫས་ཀྱི་ཚོགས་ལ་གོ་བ་རེད།



རིག་ཚོར་གྱི་གོ་རིམ་ནང་ལུས་ཀྱི་པགས་པ་(དཔེ་རིས། ༡)དང་། --དབང་རྩ་དང་། ཀླད་པ་དང་། རྒྱུངས་པ་བཅས་ལས་གྲུབ་པའི་དབང་རྩ་མ་ལག་ཐེ་བའི་དབང་པོ་དང་དབང་པོ་མ་ལག་རྣམས་འདུས་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡ ལེ་ཚན་འདིའི་གཤམ་དུ་འགྲེལ་བཤད་བྱ་རྒྱུའི་ལུས་ཀྱི་པགས་པ་ལ་ཡོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་རིམ་པ་སྣ་ཚོགས་དང་ལུས་ཀྱི་པགས་པའི་གྲུབ་ཆ།

ཆེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་བཤད་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་པའི་གཞུང་ལུགས་ཏེ། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཆེ་སྲོག་གི་རྣམ་པ་ཀུན་གྱི་གྲུབ་གཞི་མཐར་ཐུག་ཡིན་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རང་ལས་གཞན་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཁོ་ན་ལས་བྱུང་བ་ཡིན་པའི་སྐོར་རྣམས་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱ་དགོས། རིག་ཚོར་དང་འབྲེལ་བའི་དབང་པོ་ཀུན་ཀྱང་ཕྲ་ཕུང་ལས་གྲུབ་པ་རེད། ཇ་ཡོར་ཆ་པོ་དེར་རེག་པའི་ལུས་ཀྱི་པགས་པ་དེའི་ཆ་ཤས་སུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གིས་ལས་དོན་ཇི་འདྲ་ཞིག་བསྒྲུབ་ཐུབ་པ་དགོས་མིན་ཐད་ང་ཚོས་འདིར་བསམ་གཞིག་ཅིག་བྱས་ན་འདི་ལྟར་ཏེ། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེ་ནས་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་དང་གཅིག་མཚུངས་སུ་ལྟོས་ལ། དེ་ནས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ལས་དོན་སྒྲུབ་ཚུལ་རྣམས་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་གང་པོ་ཞིག་གི་ལས་དོན་སྒྲུབ་ཚུལ་དང་ཧ་ཅང་གཅིག་མཚུངས་སུ་མཐོང་ཐུབ། དེ་རེ་རེས་ཚ་དྲོད་ཚོར་ཞིང་། དེ་ནས་"ཚ་དྲོད"ཀྱི་ཆ་འཕྲིན་དེ་དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་ལ་མགོ་གཏོང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཡང་ང་ཚོས་ཆེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་འགོ་སྟོད་དུ་སྲོག་ལྡན་གྱི་དངོས་པོ་ཞིག་ལ་ཚང་དགོས་པའི་ཁྱད་ཆོས་རྣམས་ཀྱི་ཐོ་གཞུང་ཞིག་བཟོས་པ་དེ་འདིར་དྲན་གསོ་གཏོང་དགོས། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེ་ནས་སྐྱེ་ལྡན་རྣམ་པ་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་ཏུ་བལྟས་པས། སྲོག་ལྡན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེར་སྲོག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་ཞིག་གི་ཁྱད་ཆོས་རྣམས་ཚང་བ་མཐོང་ངེས་ཡིན། གཤམ་དུ་རིག་ཚོར་གྱི་སྐོར་སྨྲས་ཏེ་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ལས་གསལ་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེས་རང་གི་ཁོར་ཡུག་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཀྱིན་ཡོད་ལ། དེ་རེ་རེས་སྐྱིད་སྤེལ་བྱེད་པ་སྟེ། རང་ཉིད་ཁ་གྲུས་པའི་སྒོ་ནས་རང་གི་ངོ་འདྲ་སྤེལ་བ་དང་། དེ་རེ་རེས་འཚོ་བཅུད་ནང་འདྲེན་བྱེད་ཅིང་། དེ་དག་ནུས་པའི་ངོ་བོར་ཁ་སྒྱུར་བྱས་ཏེ་སྙིགས་རོ་ཕྱིར་བསྐྱུར་གྱི་ཡོད། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེས་རང་གི་ནང་ཁྲོལ་དང་རང་གི་ཁོར་ཡུག་དག་དང་ལྷན་དུ་འཚོ་བ་སྙོམ་སྒྲིག་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད།

ཧའི་ཡོར་པ་ལ་རིག་རྒྱུའི་སྐོར་གླེང་བའི་སྐབས་འདིར་ང་ཚོས་མིའི་འགྲོ་བ་དང་འབྲེལ་བའི་གླེང་མོལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་ལ། དེ་ནི་

celled. These include bacteria and many marine organisms. When we discussed and taught about single-celled organisms in Dharamsala, we and the monks and nuns in our class isolated bacteria from the environment and then grew and studied them. We were curious: can bacteria sense? Are these single-celled organisms *sentient* beings? How are cells able to sense and carry out the many other processes of life?

Before we can answer these questions we need to understand some basic chemistry (and physics) of life. Chemistry refers to the study of chemicals and how they interact. Chemistry and physics are conceptual foundations of biology.

YOUR TURN:
DO BACTERIA SENSE?

The question of whether bacteria are sentient beings has clear implications for Buddhism. Can a human or other sentient being be reincarnated as a bacterium? Bacteria are everywhere. They are extremely small and can only be seen as single cells with a microscope, but they also will grow on a plate of bacteria food in colonies that can be seen easily with the naked eye.

The monks and nuns in Dharamsala swabbed different surfaces—doorknobs, plants or their hands, tongues, or ears—and transferred the bacteria on those swabs to plates of bacteria food. Bacteria can double themselves in as little as 30-40 minutes, so they grew quickly on the food plates.

Once colonies grew on the plates, the monks and nuns took small samples of the bacteria and looked at single cells under a microscope. They observed the bacteria swimming together and responding to their environments. The monks and nuns developed hypotheses and experiments to test those hypotheses addressing the question: can bacteria sense?

The monks and nuns studied the bacteria and the material presented in this text, and they had a spirited debate about whether the bacteria could sense. Finally at the end of the course we had a vote to see what they thought. Half our students said 'yes', bacteria could sense, and half said 'no', they could not sense. Clearly, more experiments are needed!

BASIC CHEMISTRY AND PHYSICS: WATER

Skin cells, like most cells, are mostly made of water. Water is a key component of life; it is, after all, the substance in which life evolved. Figure 4 is a representation of the chemical structure of water.

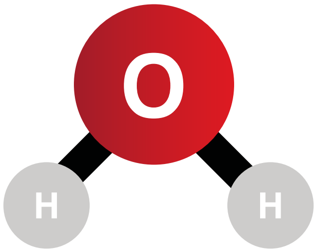


Figure 4: The chemical structure of water. Water is composed of two hydrogen (H) molecules bonded to one molecule of oxygen (O).

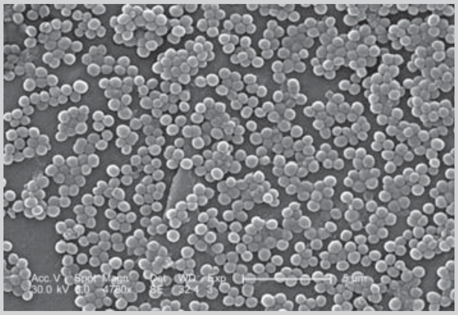
Water has a number of striking chemical characteristics. To understand them, we first have to consider its structure. One of the central, underlying themes of biology is that structure strongly relates to function and vice versa. This theme became apparent in our discussion of evolution when we saw that structures that work well to carry out certain functions—the finch's beak, the eye—are conserved throughout evolution.

ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་རྣམ་པའི་སྐོར་གླེང་གི་ཡོད་པ་གསལ་པོ་ཡིན། འོན་ཀྱང་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་གི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཕལ་ཆེ་བ་དེ་ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་ལྡན་ཡིན། འདིའི་ཁོངས་སུ་འབུ་ཕྲ་དང་གཞན་ཡང་མཚོ་ཁྲུལ་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་མང་པོ་འདུས་ཡོད་པ་རེད། དེ་སྔོན་ང་ཚོས་ཐ་རམ་ས་ལར་ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་སྐོར་གྲོས་སྡུར་དང་སློབ་ཁྲིད་བྱས་སྐབས། ང་ཚོ་དང་ང་ཚོའི་འཛིན་གྲྭའི་ནང་གི་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ཀྱིས་ཁོར་ཡུག་ནས་འབུ་ཕྲ་ལོགས་སུ་ཕྲལ་རྗེས་དེ་དག་སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་དུ་བཅུག་ནས་དབྱེ་ཞིབ་བྱས་པ་ཡིན། སྐབས་དེར་ང་ཚོ་ཀུན་སྤྲོ་སྣང་མཆེད་དེ། འབུ་ཕྲ་ལ་ཚོར་བ་ཡོད་དམ། ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་འདི་དག་སེམས་ཅན་ཡིན་ནམ། ཕྲ་ཕུང་གིས་ཇི་ལྟར་ཚོར་ནུས་སམ། དེས་ཚེ་སྲོག་གི་བྱེད་རིམ་གཞན་མང་པོར་ཇི་ལྟར་འཇུག་ནུས་པ་ཡིན་ནམ། ལྟ་བུའི་གནས་དོན་སྐོར་ཤེས་འདོད་སྐྱེས་བྱུང་།

ང་ཚོས་དྲི་བ་འདི་དག་ལ་ལན་འདེབས་མ་བྱས་གོང་དུ་ཚེ་སྲོག་གི་རྨང་གཞིའི་རྫས་འགྱུར་གྲུབ་ཆ་(དང་བྱེད་རིམ་)སྐོར་རོབ་ཙམ་ཤེས་དགོས། རྫས་སྦྱོར་རིག་པ་ནི་རྫས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་དང་དེ་དག་ཕན་ཚུན་འདྲེས་སྦྱོར་བྱེད་སྟངས་ཐད་ཀྱི་རིག་པ་ལ་ཟེར་བ་རེད། རྫས་སྦྱོར་རིག་པ་དང་དངོས་ཁམས་རིག་པ་གཉིས་སྐྱེ་ལྡན་རིག་པའི་རྨང་གཞིའི་རྣམ་གཞག་རེད།

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས།
འབུ་ཕྲ་ལ་ཚོར་བ་ཡོད་དམ།

འབུ་ཕྲ་ལ་ཚོར་བ་ཡོད་མེད་ཀྱི་དྲི་བ་འདི་ནང་ཆོས་ལ་དམིགས་བསལ་འབྲེལ་བ་ཆགས་ཀྱི་ཡོད། མིའམ་སེམས་ཅན་གཞན་དག་འབུ་ཕྲར་སྐྱེ་བ་ལེན་པ་སྲིད་དམ། འབུ་ཕྲ་ནི་ཕྱོགས་གང་སར་ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་ཧ་ཅང་ཕྲ་བས་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་པའི་ཚུལ་དུ་མཐོང་དགོས་ན་ངེས་པར་



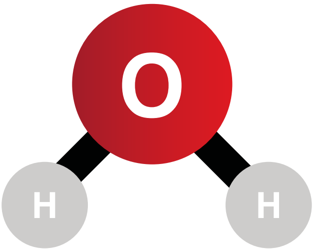
ཕྲ་མཐོང་ཆེ་ཤེལ་ལ་བརྟེན་དགོས་པ་ཡིན། འོན་ཀྱང་དེ་དག་སྡེར་མའི་སྟེང་གི་ཟས་ཀྱི་ནང་ཁྲུ་ཚོགས་བྱས་ནས་སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་སྐབས་མིག་རྗེན་པས་མཐོང་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད།

ཐ་རམ་ས་ལར་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ཀྱིས་སྒོ་ལྕུང་དང་། རྩི་ཤིང་དང་། གཞན་ཡང་གྲྭ་བཙུན་ཚོའི་ལག་པ་དང་། ལྕེ་དང་། ཨ་ལྕོག་བཅས་ཀྱི་ཕྱི་ངོས་ལ་ཕྱིས་བརྡར་བྱས་རྗེས། ཕྱིས་རས་ལ་འགོས་པའི་འབུ་ཕྲ་དེ་དག་ཟས་བླུགས་པའི་སྡེར་མའི་སྟེང་གནས་སྤོར་བྱེད་དུ་བཅུག སྤྱིར་བཏང་འབུ་ཕྲ་འདི་དག་སྐར་མ་ ༣༠-༩༠ བར་དུས་ཡུན་ཐུང་ངུའི་ནང་ཉིས་ལྡབ་ཙམ་འཕེལ་འགྱུར་བྱེད་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། དེས་ན་འབུ་ཕྲ་དེ་དག་ཟས་སྡེར་དེའི་ནང་དུ་ཧ་ཅང་མགྱོགས་མྱུར་ངང་འཕེལ་སོང་།

ཟས་སྡེར་སྟེང་འབུ་ཕྲ་ཁྲུ་ཚོགས་མང་པོ་འཕེལ་རྒྱས་སོང་ཙ་ན། གྲྭ་བཙུན་ཚོས་འབུ་ཕྲའི་དཔེ་མཚོན་རེ་འཁྱེར་ནས་ཕྲ་ཞིབ་བརྒྱུད་ནས་བལྟས་པས། འབུ་ཕྲ་དེ་དག་མཉམ་དུ་བརྒྱལ་བ་དང་། མཐའ་འཁོར་གྱི་ཁོར་ཡུག་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཀྱིན་དུ་གནས་པ་མཐོང་འདུག དེ་ནས་འབུ་ཕྲ་ལ་ཚོར་བ་ཡོད་དམ་ཅེས་པའི་དྲི་བ་དེར་ལན་འཚོལ་བའི་ཕྱོགས་སུ་གྲྭ་བཙུན་དེ་དག་གིས་ཚོད་བཤག་རེ་བྱས་རྗེས། རང་གི་ཚོད་བཤག་དེ་བདེན་མིན་བཤེར་བའི་བརྟག་དཔྱད་ཀྱི་ལས་ལ་ཞུགས་སོང་།

དེས་ན་སྐབས་དེར་གྲྭ་བཙུན་ཚོས་སློབ་དེབ་འདིར་གསལ་བའི་འབུ་ཕྲ་དང་འབྲེལ་བའི་གནས་ཚུལ་འདི་དག་སྐོར་སྦྱངས་པ་དང་། འབུ་ཕྲས་ཚོར་ཐུབ་མིན་ཐད་ཕྱོགས་གཉིས་དབར་ངར་ཤུགས་ལྡན་པའི་བགྲོ་གླེང་རྩོད་པ་བྱས། མཐར་སློབ་ཐུན་གྱི་མཇུག་ཏུ་ཁོང་ཚོས་གང་ལ་མོས་པ་བྱས་པ་ཤེས་ཆེད་འོས་ལྷུག་དགོས་བྱུང་བས། འོས་འཕངས་པ་ན་དེར་ཡོད་གྲྭ་བཙུན་གྱི་གྲངས་ཕྱེད་ཀས་འབུ་ཕྲས་ཚོར་ཐུབ་པར་བསམས་ཤིང་། ཕྱེད་ཀས་ཚོར་མི་ཐུབ་པར་བཟུང་བས། ད་དུང་སྔ་མཐུད་དུ་བརྟག་དཔྱད་བྱེད་དགོས་པ་མངོན་པར་གསལ་བར་གྱུར།

གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར་དང་བྱེད་ནུས། ཆུ།



ཕྲ་ཕུང་ཕལ་ཆེ་བ་དང་འདྲ་བར་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱི་རྒྱུ་ཆ་ཡང་ཕལ་ཆེ་བ་ཆུ་ལས་གྲུབ་ཡོད། ཆུ་ནི་ཚེ་སྲོག་གི་གྲུབ་ཆ་གཙོ་བོ་ཞིག་ཡིན། ལར་ནས་ཆུ་ཉིད་རྒྱུ་ཆ་གང་གི་ཁྲོད་དུ་ཚེ་སྲོག་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་སའི་གཞི་རྒྱུ་དེ་རེད། དཔེ་རིས་ ༩ པས་ཆུའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་གྲུབ་ཆ་མཚོན་གྱི་ཡོད།

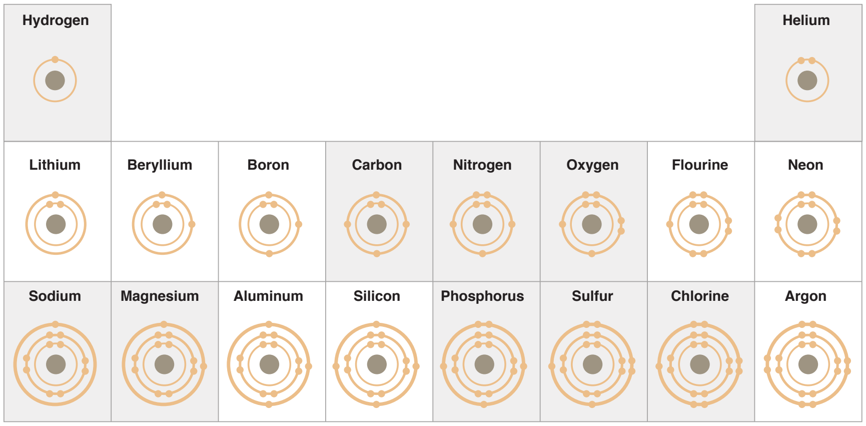
དཔེ་རིས། ༩ ཆུའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་བཀོད་པ། ཆུ་ནི་ཡང་རླུང་(H) གི་འདུས་རྡུལ་གཉིས་དང་འཚོ་རླུང་(O)གི་འདུས་རྡུལ་གཅིག་འཆིང་སྦྱོར་བྱས་པ་ལས་གྲུབ་པ་ཞིག་ཡིན།

ཆུ་ལ་ངོ་མཚར་ཆེ་བའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཁྱད་གཤིས་མང་དག་ཅིག་ཡོད་ལ། དེ་དག་ཤེས་པར་ཐོག་མར་ང་ཚོས་དེའི་བཀོད་པ་ལ་བསམ་གཞིག་བྱེད་དགོས། དངོས་པོ་ཞིག་གི་བྱེད་ལས་དང་བཀོད་པ་གཉིས་དབར་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་བ་དམ་པོ་ཡོད་པ་དེ་ནི་སྐྱེ་ལྡན་རིག་པའི་རྨང་གཞིའི་ལྟ་ཚུལ་གལ་ཆེ་བ་ཞིག་རེད། དེ་ལྟར་ཡིན་པའང་སྔར་འཕེལ་འགྱུར་སྐོར་གྲོས་སྡུར་བྱེད་སྐབས་བྱ་ཁྲུག་ཏའི་མཆུ་སྒྲོས་དང་མིའི་མིག་འབྲས་ཀྱི་དཔེར་མཚོན་གཞི་ལ་བཞག་ནས་བྱེད་ལས་དམིགས་བཀར་བ

The structure/function connection holds true at every level, from molecules to cells to organisms.

The water in the figure above is shown in a 'ball-and-stick' model. The bigger ball represents oxygen and the smaller balls represent hydrogen (an oxygen atom actually takes up more space than a hydrogen). So, each **molecule** of water is made up of two **atoms** of hydrogen (H) and one of oxygen (O) and therefore, water's **molecular formula** is written as H_2O. In addition to hydrogen many other **atoms** or **elements**, the basic chemical building blocks of the molecules of life, exist. Most of the elements that are in living organisms are shown in Figure 5a; there are many others we will not discuss here (Figure 5b).

a



b

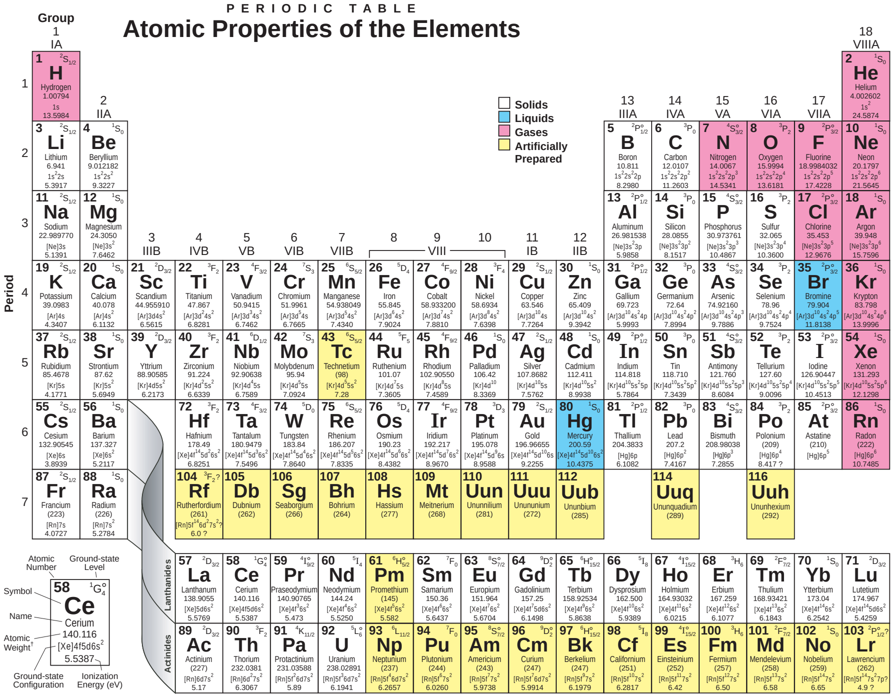


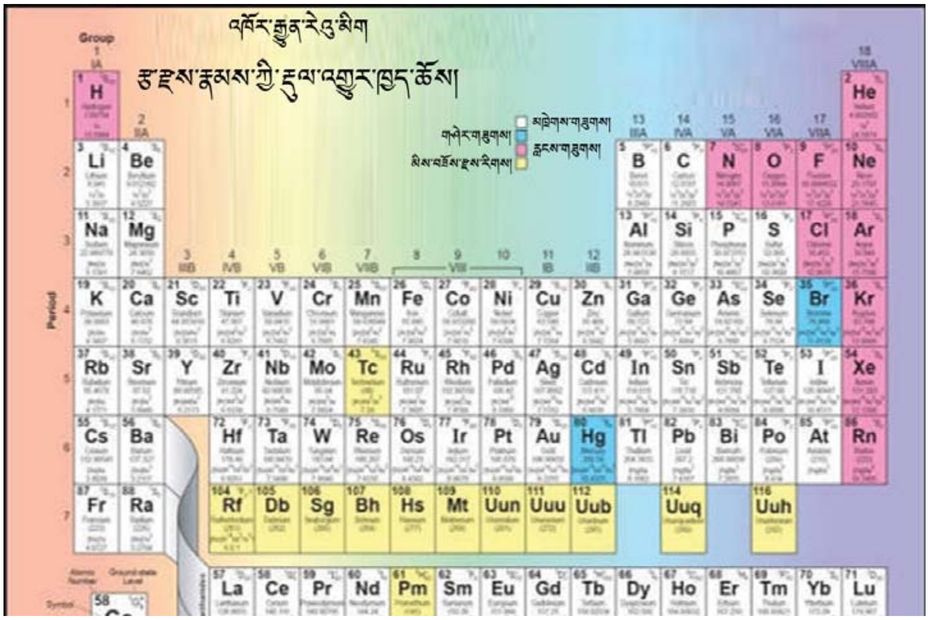
Figure 5a + b. The top figure contains elements that are commonly found in living organisms; the lower table is the complete periodic table of known elements.

འགའ་རེ་འཕྲུས་སྒོ་ཚང་ངེས་སུ་སླུབ་པའི་བཀོད་པ་དེ་དག་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་གོ་རིམ་ཁྲོད་དུ་ཤར་སྣང་བྱེད་ཚུལ་མཐོང་བ་དེ་ལས་གསལ་པོ་ཆགས་ཡོད། བཀོད་པ་དང་བྱེད་ལས་དབར་གྱི་འབྲེལ་བ་དེ་འདུས་རྫུལ་གྱི་རིམ་པ་ནས་བརྩིས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་དང་སྐྱེ་ལྡན་རྣམ་པའི་བར་གྱི་རིམ་པ་ཀུན་ལ་ཚང་བ་གཅིག་གྱུར་ཡིན།

གོང་གི་དཔེ་རིས་ནང་གསལ་བའི་ཆུ་དེ་སྒྲོ་ལོ་དང་དབྱུག་པའི་དཔེ་ཚད་ཀྱི་ལམ་ནས་མཚོན་པར་བྱས་ཡོད། སྒྲོ་ལོ་ཆེ་བ་དེས་འཚོ་རླུང་མཚོན་ཞིང་། ཆུང་བ་དེས་ཡང་རླུང་མཚོན་པ་རེད། (སྤྱིར་བཏང་ནས་ཡང་རླུང་གི་རྫུལ་ཕྲན་ཞིག་ལ་བསྡུར་ན་འཚོ་རླུང་གི་རྫུལ་ཕྲན་གྱིས་ཡུལ་གྱི་གོ་ས་ཆེ་བ་གཟུང་གི་ཡོད།) དེས་ན་ཆུའི་འདུས་རྫུལ་རེ་རེ་ནས་ཡང་རླུང་གི་རྫུལ་གཉིས་དང་འཚོ་རླུང་གི་རྫུལ་གཅིག་བཅས་ལས་གྲུབ་པ་ཞིག་ཡིན་པས། ཆུའི་འདུས་རྫུལ་རིམ་པའི་གནས་ལུགས་དེ་མིག་ལམ་ན་ H_2O ཡི་ཚུལ་དུ་འབྲི་བ་རེད། ཡང་རླུང་ཙམ་དུ་མ་ཟད་ཆེ་སྲོག་གི་འདུས་རྫུལ་ཡར་སློང་བའི་རྩིག་རྫོའི་རང་བཞིན་གྱི་རྫུལ་ཕྲན་ནམ་རྩ་རྫས་གཞན་ཡང་མང་པོ་ཡོད། སྲོག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་དག་གི་ལུས་ཕུང་ལ་ཡོད་པའི་རྩ་རྫས་ཕལ་མོ་ཆེ་འདིར་གསལ་དཔེ་རིས་ ༥ཀ ནང་བསྟན་ཡོད་པ་དང་། དེ་ལས་གཞན་ཡང་མང་དག་ཅིག་ཡོད་ཀྱང་ང་ཚོས་འདིར་གླེང་རྒྱུ་མིན། (དཔེ་རིས་ ༥ཁ)

a

b



དཔེ་རིས། ༥ཀ དང་༥ཁ། གོང་གི་དཔེ་རིས་དེ་འཚོ་བཞིན་པའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་གི་ལུས་ཀྱི་ནང་རྒྱུན་དུ་རྙེད་པའི་རྩ་རྫས་རྣམས་ཡིན་ལ། འོག་གི་དཔེ་རིས་དེ་ད་བར་རྙེད་སོན་བྱུང་བའི་རྩ་རྫས་རྣམས་ཀྱི་འཁོར་རྒྱུན་རེའུ་མིག་ཆ་ཚང་ཞིག་ཡིན།

BASIC CHEMISTRY AND PHYSICS: ATOMS FORM MOLECULES

How and why do atoms interact to form molecules like water? (You can learn much of this in Physics Primer 1). Just like cells and organisms interact with their environments based on their traits, atoms interact with their environment, which includes many other atoms, based on their particular traits. In this case, the important trait is *the electrical charge of the particles* that make up atoms.

Notice the central ball and surrounding circles shown for each atom in the periodic table (Figure 5b). The ball in the middle of each element represents the **nucleus** of the atom. The nucleus is made of positively-charged particles called **protons** and non-charged particles called **neutrons**. The circles represent the paths, or shells, of the negatively-charged particles called **electrons**. Each element is defined by the number of these particles—protons, neutrons, and electrons— it has. For example, you can see in the chart that a single atom of hydrogen has one electron.

An established principle of physics, chemistry and biology is that similar charges repel and opposite charges attract. This is important in many areas. In terms of the atom, the positively-charged protons of the nucleus attract the negatively-charged electrons of the outer shells, holding the atom together. The degree to which the atom 'holds' its electrons becomes important, as we shall see in a minute, for determining how each atom interacts with other atoms in its environment.

Electrons move around the atomic nucleus in complicated paths, but we use a circle to simplify. Electron circles or shells fill up with electrons beginning from the inside, nearest the nucleus, and moving to the outside. Notice the shell closest to the nucleus can only hold two electrons, while the other shells further from the nucleus can hold up to eight electrons. In each of the highlighted elements, the ones most commonly found in living organisms (hydrogen, carbon, nitrogen, oxygen, sodium, magnesium, phosphorous, sulfur, and chlorine), the outside electron shell is *not* full. This outside shell is called the **valence shell**, and, as we shall see, it is no coincidence that valence shells are unfilled in these elements of life.

The unfilled valence shells of the elements of life are key, because *atoms are most stable when their valence shells are **filled*** and atoms 'prefer' to be stable. Look at hydrogen in the table; it has only one electron in a shell that 'wants' to hold two. Carbon is especially 'social' in that it only has four valence electrons in a shell that 'wants' to

ATOMS ARE EVERYWHERE

Although they may not have been mentioned by name, you have already seen and heard about life's elements in all of your Emory-Tibet Science Initiative classes. In Physics, you learned that these elements were formed at the origin of the universe and went on to become the universe and everything in it. In Neuroscience, charged forms of the elements chlorine and sodium are very important in sending information between nerves. We'll discuss such nerve signaling in touch cells, also. Atomic elements have been quietly hiding within all our other Life Sciences discussions: for example, DNA is made of carbon, hydrogen, oxygen, phosphorous, and nitrogen.

ཧུལ་ཕྲན་ནི་ཕྱོགས་ཐམས་ཅད་དུ་ཡོད།

འདི་བར་གྱི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཁོངས་ཀྱི་འཛིན་གྲྭའི་ནང་ཚེ་སྲོག་གི་རྩ་རྫས་རྣམས་མིང་ནས་སྨོས་ནས་བསྟན་མེད་ཙང་། འོན་ཀྱང་ཁྱོད་ཀྱིས་དེ་དག་གི་སྐོར་འཛིན་གྲྭ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ནང་མཐོང་ཐོས་སུ་གྱུར་མྱོང་ཡོད། དངོས་ཁམས་རིག་པའི་ནང་རྩ་རྫས་འདི་དག་འཇིག་རྟེན་ཁམས་ཀྱི་འགོ་ཁུངས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་ཐོག་མར་གྲུབ་པ་དང་། དེ་ནས་འཇིག་རྟེན་ཁམས་དང་དེའི་ནང་གི་དངོས་རྫས་ཐམས་ཅད་རྩ་རྫས་འདི་དག་ལས་གྲུབ་ཚུལ་ཁྱོད་ཀྱིས་ཤེས་ཡོད། དབང་རྩ་ཚན་རིག་ནང་ཀོ་ལོ་རིན་དང་སོ་ཌི་ཡམ་སོ་སོའི་གློག་ཁུར་ལྡན་པའི་རྩ་རྫས་རྣམས་དབང་རྩ་ཕན་ཚུན་དབར་བརྒྱུད་འཕྲིན་གཏོང་རྒྱུར་ཧ་ཅང་གནད་ཆེན་པོ་ཡིན་པ་བསྟན་ཡོད། ང་ཚོས་རིག་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཁྲོན་དུའང་དེ་ལྟའི་དབང་རྩས་བརྡ་གཏོང་བྱེད་ཚུལ་གསུམ་དུ་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། ཧུལ་ཕྲན་རང་བཞིན་གྱི་རྩ་རྫས་དེ་དག་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་གྲོས་སྡུར་གཞན་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ནང་དུ་མི་མངོན་པའི་ཚུལ་དུ་ཡིབ་ནས་བསྡད་ཡོད་པ་ནི། དཔེར་ན། ཊེ་ཨིན་ཨེ་དེ་ཁར་སྦོན་དང་། ཡང་ཀླུང་། འཚོ་ཀླུང་། འོད་ཀྱི་མ་མ། ནཡི་ཊོ་ཛེན་བཅས་ཀྱིས་གྲུབ་པ་དེས་ཤེས་ཐུབ།

གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར་དང་བྱེད་རིམ། ཧུལ་ཕྲན་གྱིས་འདུས་ཧུལ་གྲུབ།

ཚུལ་ཇི་ལྟར་དང་རྒྱུ་མཚན་ཅིས་ཧུལ་ཕྲན་རྣམས་ཕན་ཚུན་འདྲེས་སྦྱོར་བྱས་ཏེ་ཆུ་ལྟ་བུའི་འདུས་ཧུལ་གྱི་རིགས་རྣམས་གྲུབ་པ་ཡིན་ནམ། (འདིའི་སྐོར་ཁྱོད་ཀྱིས་དངོས་ཁམས་རིག་པའི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་རྒྱས་པར་ཤེས་ཐུབ།) ཇི་ལྟར་ཕྲ་ཕུང་དང་སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་རང་རང་གི་ཁྱད་གཤིས་གཞི་ལ་བྱས་ཏེ་སོ་སོའི་ཁོར་ཡུག་དག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་དེ་བཞིན་དུ། ཧུལ་ཕྲན་དག་ཀྱང་རང་རང་གི་དམིགས་བཀར་གྱི་ཁྱད་གཤིས་གཞི་ལ་བྱས་ཏེ་ཧུལ་ཕྲན་གཞན་དག་གིས་གཏམས་པའི་སོ་སོའི་ཁོར་ཡུག་དང་ཡང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། འདིར་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་ཁྱད་གཤིས་གནད་ཆེ་བ་དེ་ནི་ཧུལ་ཕྲན་དེ་དག་གང་ལས་གྲུབ་པའི་ཧུལ་རྫས་དག་ལ་ཡོད་པའི་གློག་གི་ཁུར་ནུས་དེ་རེད།

(དཔེ་རིས་ ༥(ཁ) འཁོར་རྒྱུན་རེའུ་མིག་ནང་གི་ཧུལ་ཕྲན་རེ་རེའི་གོ་སར་བསྟན་པའི་ལྗི་བའི་སྦོ་ལོ་དང་མཐའ་འཁོར་གྱི་སྐོར་ཐིག་དག་ལ་ལྟོས་དང་། རྩ་རྫས་རེ་རེའི་ལྗི་བའི་སྦོ་ལོ་དེས་ཧུལ་ཕྲན་དེའི་ཉིང་ཧུལ་མཚོན་གྱི་ཡོད། ཉིང་ཧུལ་དེ་ནི་སྤུས་ཧུལ་ཏེ་ཕོའི་ཁུར་ནུས་འཆང་བའི་ཧུལ་དང་། བར་ཧུལ་ཏེ་ཁུར་ནུས་གང་ཡང་མི་ལྡན་པའི་ཧུལ་གཉིས་ཀྱིས་གྲུབ་ལ། མཐའ་འཁོར་གྱི་སྐོར་ཐིག་དེ་ནི་གློག་ཧུལ་ཏེ་མོའི་ཁུར་ནུས་འཆང་བའི་ཧུལ་དག་གི་བགྲོད་ལམ་མམ་སྐོགས་རིམ་རེད། རྩ་རྫས་སོ་སོའི་རང་བཞིན་གང་ཡིན་པ་དེ་ནི་རང་ལ་ཡོད་པའི་ཧུལ་རྫས་ཏེ། སྤུས་ཧུལ་དང་གློག་ཧུལ་དང་བར་ཧུལ་བཅས་ཀྱི་ཁ་གྲངས་ལ་བརྟེན་ནས་ངེས་གཏན་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དཔེར་ན་ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་བ་བཞིན་ཡང་ཀླུང་གི་ཧུལ་ཕྲན་རྐྱང་པ་ཞིག་ལ་གློག་ཧུལ་གཅིག་ཡོད་པ་ལྟ་བུ་རེད།

དངོས་ཁམས་རིག་པ་དང་། རྫས་སྦྱོར་རིག་པ། སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བཅས་པ་ཀུན་གྱི་ནང་གཏན་ཁེལ་བྱས་ཟིན་པའི་རྩ་དོན་ཞིག་ནི། གློག་ཁུར་མཚུངས་པ་རྣམས་ཕན་ཚུན་འབུད་རེས་བྱེད་པ་དང་། གློག་ཁུར་མི་མཚུངས་པ་རྣམས་ཕན་ཚུན་འཐེན་རེས་བྱེད་པ་དེ་ཡིན། འདི་ནི་གནས་སྐབས་མང་པོའི་ནང་དོན་གནད་གལ་ཆེན་ཞིག་ཡིན་པ་སྟེ། འདི་ཉིད་ཧུལ་ཕྲན་གྱི་གནས་སྐབས་ལ་སྦྱར་ན། ཉིང་ཧུལ་གྱི་ནང་དུ་འཁོད་པའི་ཕོ་ཁུར་འཆང་བའི་སྤུས་ཧུལ་དག་གིས་དེའི་མཐའ་འཁོར་དུ་འཁོད་པའི་མོ་ཁུར་འཆང་བའི་གློག་ཧུལ་རྣམས་རང་ཕྱོགས་སུ་འཐེན་པར་བྱེད་པ་དེས་ཧུལ་ཕྲན་གྱི་གོང་བུ་དེ་མཉམ་དུ་གཟུང་བར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། འོག་ཙམ་དུ་མཐོང་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། ཧུལ་ཕྲན་ཞིག་གིས་རང་གི་གློག་ཧུལ་རྣམས་མཉམ་དུ་གཟུང་བའི་(ཁྲིམ་ལྟོད་ཀྱི་)ཚད་གཞི་དེ་ཧུལ་ཕྲན་རེ་རེ་ནས་རང་གི་ཁོར་ཡུག་ཁྲོད་ཀྱི་ཧུལ་ཕྲན་གཞན་པ་དག་དང་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་མིན་ཐོད་འཛིན་བྱེད་རྒྱུར་དགེ་མཚན་ཡོད།

སྤྱིར་ན་གློག་ཧུལ་རྣམས་ཉིང་ཧུལ་གྱི་མཐའ་འཁོར་དུ་རྒྱུ་བའི་བགྲོད་ལམ་རྟོག་འཛིང་ཅན་དག་བརྒྱུད་ཕན་ཚུན་འགྲོ་བསྐྱོད་བྱེད་ཙང་། ང་ཚོས་བགྲོད་ལམ་དེའི་ཚབ་ཏུ་སླ་བསྡུས་ཀྱི་ཆེད་དུ་སྐོར་འཁྱིལ་བེད་སྤྱོད་བྱས་ཡོད། ཉིང་ཧུལ་དང་ཉེ་ཤོས་ཀྱི་རིམ་པའི་ནང་ངོས་ནས་འགོ་བཙམས་ཏེ་ཕྱི་ངོས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་རིམ་གྱིས་གློག་ཧུལ་གྱི་སྐོར་ལམ་མམ་སྐོགས་རིམ་རྣམས་གློག་ཧུལ་གྱིས་ཁེངས་ནས་ཡོད། ཁྱོད་ལྟོས་དང་། ཉིང་ཧུལ་དང་ཉེ་ཤོས་སུ་འཁོད་པའི་སྐོགས་རིམ་ཀྱིས་གློག་ཧུལ་གཉིས་ཙམ་བཟུང་ཆོག་ལ། ཉིང་ཧུལ་དང་རྒྱང་ཁད་དུ་འཁོད་པའི་སྐོགས་རིམ་གཞན་དག་གིས་གློག་ཧུལ་བརྒྱད་བར་བཟུང་ཆོག་པ་ཡིན། (དཔེ་རིས། ༥ག ཡི་ནང་)མཚོན་རྟགས་ཀྱིས་ལོགས་སུ་བཀར་བའི་རྩ་རྫས་ཏེ། འཚོ་བཞེས་ཀྱི་སྐྱེ་ལྡན་རིགས་ལ་རྒྱུན་ལྡན་དུ་ཚང་བའི་རྩ་རྫས་(ཡང་ཀླུང་། ཁར་སྦོན། ནཡི་ཊོ་ཛེན། འཚོ་ཀླུང་། སོ་ཌི་ཡམ། མེག་ནི་ཤི་ཡམ། འོད་ཀྱི་མ་མ། སལ་ཕྱེ་དང་། ཀོ་ལོ་རིན་)དེ་དག་གི་ཕྱི་སྐོར་གྱི་གློག་ཧུལ་སྐོགས་རིམ་དེ་ཚོ་ཚ་ཚང་ཁེངས་མེད་པ་རེད། ཕྱི་སྐོར་གྱི་སྐོགས་རིམ་འདི་ལ་ཐྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་ཟེར་ཞིང་། འོག་ནས་ཤེས་རྒྱུ་བཞིན་ཚེ་སྲོག་གི་རྩ་རྫས་འདི་དག་གི་ཐྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་དེ་ཚོ་མ་ཁེངས་ནས་ལུས་པ་དེ་སྙེས་དབང་གིས་བྱུང་བ་ཞིག་མིན།

ཚེ་སྲོག་གི་རྩ་རྫས་དེ་དག་གི་ཐྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་དེ་ལྟར་དུ་ཚ་ཚང་མ་ཁེངས་ནས་ལུས་པ་དེ་གནད་ཆེ་སྟེ། རང་གི་ཐྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་དེ་དག་ཐད་དེ་ཁེངས་པའི་ཧུལ་ཕྲན་རྣམས་ཧ་ཅང་བརྟན་པོར་གནས་པ་ཡིན་ལ། ཧུལ་ཕྲན་ཀུན་དེ་ལྟར་དུ་བརྟན་ཆགས་སུ་འཁོད་རྒྱུར་དགའ་བ་ཡིན། རེའུ་མིག་ནང་གི་ཡང་ཀླུང་ལ་ལྟོས་དང་། དེར་སྐོགས་རིམ་སྟེང་དུ་གློག་ཧུལ་

hold eight. This, as we will see, helps explain why carbon is the basis for most organic (living) molecules.

Atoms with unfilled valence shells can have those shells filled, and thus become more stable, by interacting with other atoms that also ‘want’ to fill their valence shells. This interaction is called **chemical bonding**, and it accounts for atom binding atom. You can see two bonds in each water molecule illustrated above (Figure 4).

BASIC CHEMISTRY: CHEMICAL BONDS

Consider the case of two hydrogen molecules approaching each other (Figure 6). Each has one electron in its valence shell, but would be more stable, more ‘happy’ with two electrons. The two hydrogen atoms bind by sharing their electrons, as seen in the figure below; this sharing forms a specific type of chemical bond called a **covalent bond**.

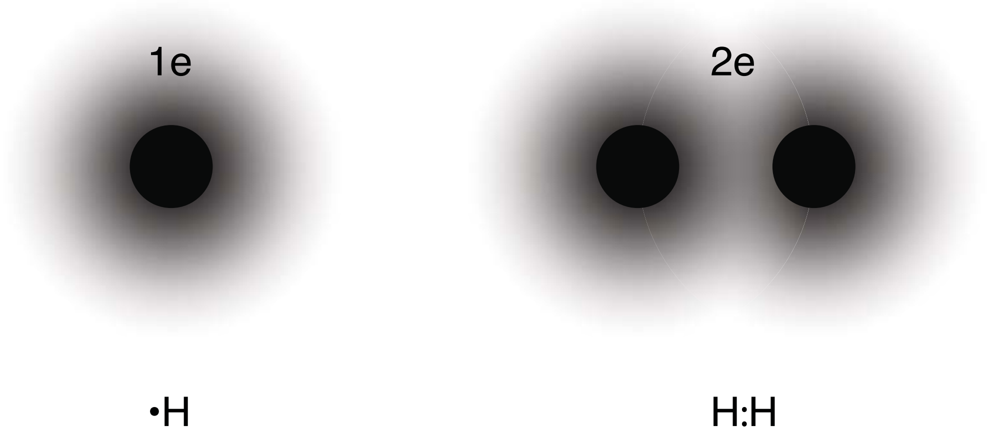


Figure 6. A single hydrogen, seen on the left, has a single electron in its valence shell, indicated by the dot to the left of the H. It would be more stable with two electrons; as two hydrogens approach each other (right), they bind by sharing their electrons. This type of bond is called a covalent bond.

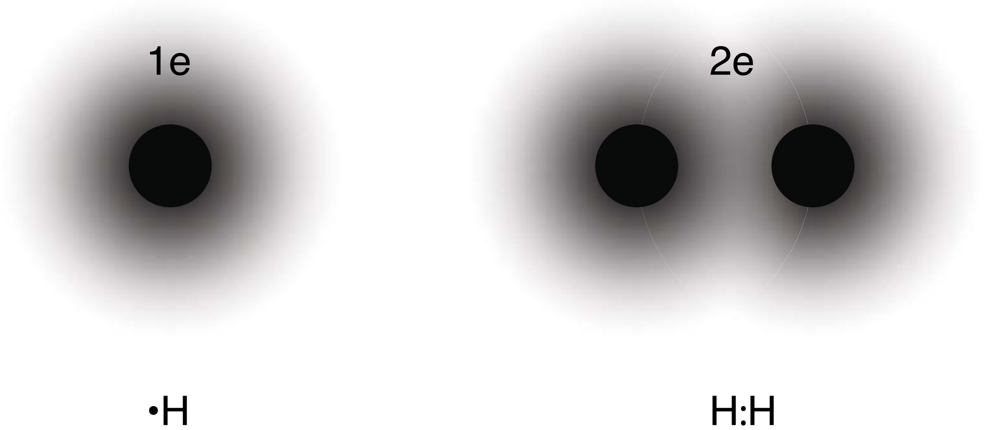
In the example of two hydrogen atoms, H_2, shown in Figure 6, the electrons and their negative charge are shared equally between the two atoms. This is not always the case. Sometimes one of the partner atoms forming a covalent bond holds its electrons more tightly than the other. This property of how tightly atoms hold their electrons is called **electronegativity**; atoms that hold their electrons more tightly are referred to as ‘more electronegative’. As we will see, in a water molecule the greater electronegativity of oxygen as compared to hydrogen is a central driving force in the evolution and organization of life and its processes.

གཅིག་ལས་མེད་ཙུང་། དོན་ལ་གཉིས་ཡོད་རྒྱུར་འདོད་པ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། ཁར་སྒོན་ནི་ཆེད་དམིགས་སུ་ཚོགས་མོས་པ་ཞིག་ཡིན་ཏེ། དེར་སྐོགས་རིམ་སྟེང་བྲིན་པའི་གློག་རྡུལ་བཞི་ལས་མེད་ཙུང་། དེས་བརྒྱད་གཟུང་རྒྱུར་མོས་པོ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འོག་ནས་གསལ་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། འདིས་ཁར་སྒོན་དེ་ཅིའི་ཕྱིར་ན་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་འདུས་རྡུལ་(གསོན་པོ་)མང་ཆེ་བའི་གཞི་རྟེན་དུ་གྱུར་པའི་ཕྱོགས་སུ་འགྲེལ་སྟོན་བྱེད་པར་རམ་འདེགས་བྱེད།

ཚང་པོར་ཁེངས་མེད་པའི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་ཅན་གྱི་རྡུལ་ཕྲན་དེ་དག་གི་སྐོགས་རིམ་དེ་ཚོ་གང་པོ་བཟོས་ཏེ་བརྟན་པོར་གྱུར་དུ་ཡོད་ལ། འོན་ཀྱང་དེའི་ཐབས་ལམ་ནི་རང་ཁུང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་གང་པོར་བྱེད་པར་མོས་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གཞན་པ་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ཡིན། འདི་འདྲའི་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་གོ་རིམ་ལ་རྫས་འགྱུར་འཆིང་སྦྱོར་ཟེར་ཞིང་། འདིའི་སྒོ་ནས་རྡུལ་ཕྲན་གྱིས་རྡུལ་ཕྲན་བཅིངས་བའི་གནས་སྟངས་དེ་བྱུང་བ་ཡིན། གོང་དུ་(དཔེ་རིས། ༩ ནང་)ཆུའི་འདུས་རྡུལ་རེ་རེའི་ནང་དེ་ལྟའི་འཆིང་བ་གཉིས་རེ་ཡོད་པ་ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་ཡོད།

གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར། རྫས་འགྱུར་གྱི་འཆིང་བ།

ཡང་རླུང་གི་འདུས་རྡུལ་གཉིས་ཕན་ཚུན་འཕྲད་ལ་ཉེ་བའི་གནས་སྟངས་ཤིག་གི་ཐོག་བསམ་བློ་ཐོངས་དང་། (དཔེ་རིས། ༧) དེ་རེ་རེར་རང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་གྱི་ཁྱོད་དུ་གློག་རྡུལ་གཅིག་རེ་ལས་མེད། འོན་ཀྱང་གློག་རྡུལ་གཉིས་བསྡོམས་ཚེ་



དཔེ་རིས། ༧ གཡོན་ཕྱོགས་སུ་གསལ་བའི་ཡང་རླུང་ཁེར་རྐྱང་དེར་རང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་སྟེང་དུ་གློག་རྡུལ་ཁེར་རྐྱང་གཅིག་ལས་མེད་ཅིང་། དེ་ཉིད་ H ཡིག་འབྲུའི་གཡོན་ཕྱོགས་སུ་གསལ་བའི་ཐིག་ལེ་དེ་ཡིས་མཚོན་པ་ཡིན། དེ་ལ་གློག་རྡུལ་གཉིས་བྱུང་ཚེ་སྟར་ལས་བརྟན་དུ་འགྱུར་ངེས་རེད། ཡང་རླུང་གི་རྡུལ་གཉིས་ཕན་ཚུན་ཁད་ཉེར་འཁོད་པ་ན་(གཡས་ཀྱི་དཔེ་རིས་)དེ་གཉིས་ཀྱིས་རང་རང་གི་གློག་རྡུལ་དེ་དག་ཐུན་མོང་དུ་སྤྱོད་པའི་སྒོ་ནས་དེ་གཉིས་འདུས་པར་འགྱུར། འདིའི་རིགས་ཀྱི་འཆིང་བ་ལ་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བ་ཟེར་བ་རེད།

དེ་ཉིད་བདེ་ཞིང་བརྟན་པར་འགྱུར་ངེས་ཡིན། འོག་གི་དཔེ་རིས་ནང་གསལ་བ་བཞིན། དེའི་དབང་གིས་ཡང་རླུང་གི་རྡུལ་ཕྲན་གཉིས་པོས་གློག་རྡུལ་དེ་དག་ཐུན་མོང་དུ་སྤྱོད་པ་སྒོས་ཕན་ཚུན་བསྡམས་ལ། མཉམ་སྤྱོད་ཀྱི་གོ་རིམ་འདིས་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཆིང་བའི་རིགས་དམིགས་བཀར་བ་ཞིག་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

དཔེ་རིས་ ༧ པར་གསལ་བའི་ཡང་རླུང་གི་རྡུལ་ཕྲན་གཉིས་(H_2)ཀྱི་དཔེ་མཚོན་དེའི་ནང་གློག་རྡུལ་དེ་དག་དང་དེ་དག་གི་མོའི་ཁུར་ནུས་བཅས་པ་རྡུལ་ཕྲན་གཉིས་པོ་དེའི་དབར་དོ་མཉམ་པར་ཐུན་མོང་དུ་སྤྱོད་ཀྱིན་ཡོད་ལ། འོན་ཀྱང་རྟག་ཏུ་གནས་སྟངས་དེ་འདྲ་འབྱུང་བའི་ངེས་པ་མེད། སྐབས་རེ་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བས་བསྡམས་ནས་ཡོད་པའི་རྡུལ་ཕྲན་ཡ་གཅིག་གིས་གཞན་པ་དེ་ལ་ལྟོས་ཏེ་རང་གི་གློག་རྡུལ་དེ་ཏ་ཅང་དམ་པར་གཟུང་གི་ཡོད། འདི་ལྟར་དུ་རང་རང་གི་གློག་རྡུལ་དམ་པོར་གཟུང་བའི་ཁྱད་ཆོས་འདི་ལ་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཟེར་ཞིང་། རྡུལ་ཕྲན་གང་གིས་རང་གི་གློག་རྡུལ་དེ་གཞན་དེ་ལས་ཆེས་དམ་པར་བཟུང་བ་དེ་ལ་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཤུགས་ཆེ་བར་འགྲེལ་བཤད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། གཤམ་དུ་མཐོང་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། ཆུའི་འདུས་རྡུལ་ཞིག་གི་ནང་ཡང་རླུང་ལ་ལྟོས་ཏེ་འཚོ་རླུང་ལ་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཤུགས་ཆེ་བ་ཡོད་པ་དེ། ཚེ་སྲོག་གི་གོ་སྒྲིག་དང་དེའི་རྒྱུད་རིམ་གྱི་འཕེལ་འགྱུར་སྐྱུལ་བའི་སྐྱུལ་ཤུགས་གཙོ་བོ་ཞིག་ཡིན།

If you look again at the illustration of water (Figure 7), you will see that the result of the imbalance in electronegativity between hydrogen and oxygen is indicated by the Greek letter delta (d) followed by a positive or negative sign. The oxygen atom is more electronegative, so it pulls the two shared electrons of the H-O covalent bonds more closely to itself and away from the hydrogen atoms. Since electrons are negatively charged, the result is that the oxygen becomes more negative, indicated by the d^-. And since the negatively-charged electrons are pulled *away* from the hydrogen atoms, the hydrogen atoms become more positive, indicated by d^+.

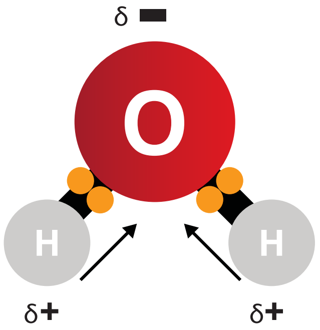


Figure 7: Water. Water's chemical structure results from the imbalance in electronegativity between hydrogen and oxygen, as indicated in the figure by the Greek letter delta (∂).

Covalent bonds like those in water in which the electrons are not equally shared are called **polar covalent bonds**. In science, **polarity** refers to opposed orientation or direction, like the Earth's North Pole and South Pole. This makes sense here with water, then, because the electrons are interacting more with one atom participating in the covalent bond than with the other, oppositely-charged atom.

When atoms that have dramatically different electronegativities form a bond, the more electronegative atom pulls the electrons from its less electronegative bonding partner so strongly that the electrons are completely transferred instead of shared. This bond results in one atom losing the negative charge of an electron and thus becoming positively charged, and the other atom gaining that negative charge and thus becoming negatively charged.

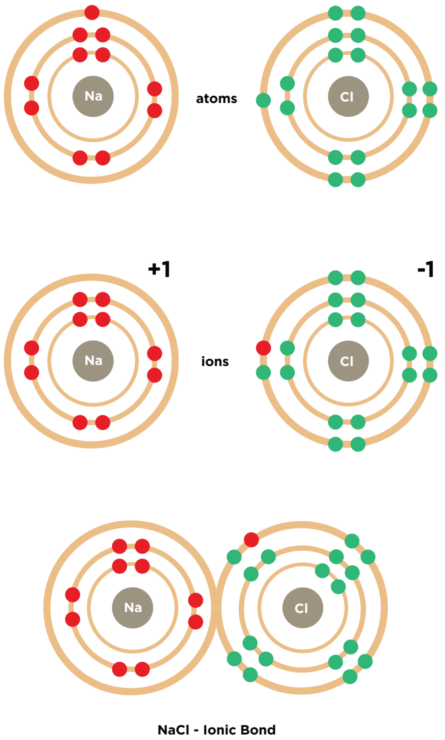
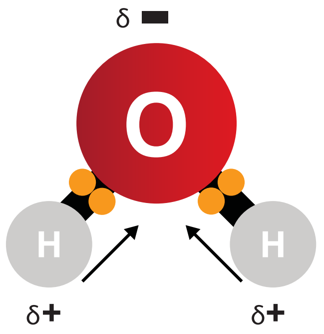


Figure 8: Common Table Salt, NaCl. Sodium (Na) has a lone electron in its valence shell and chlorine (Cl) has an unpaired electron in its valence shell. Sodium gives an electron to chlorine. Sodium then becomes Na^+ and chlorine becomes Cl^-. As a result of their opposite charges, the two ions form an ionic bond.

Charged atoms are referred to as **ions**, and the bond between them is called an **ionic bond**. Figure 8 illustrates this concept for the molecule of common table salt, sodium chloride. Note that sodium (Na) has a lone electron it prefers to give up (so, it will then be left with a full second shell) and chlorine (Cl) lacks only one electron to fill its valence shell with four pairs of electrons. Sodium gives an electron to chlorine, and both are happy. Sodium then becomes the sodium ion Na^+ (since it loses an electron), and chlorine becomes the chloride ion Cl^- (since it gains an electron), and the result is salt, Na^+Cl^-.

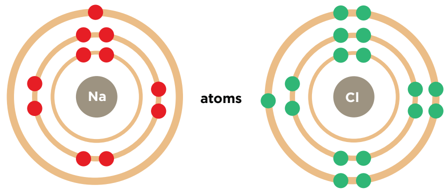
Ionic compounds like NaCl (often, for the sake of brevity, such chemical compounds are written without the charges showing) have important properties when they are in solution, that is, when they are dissolved in a liquid (Figure 9). This is especially important when they are dissolved in the water that makes up the bodies of most organisms. In solution, the ions move freely on their own. As you will see in your discus-

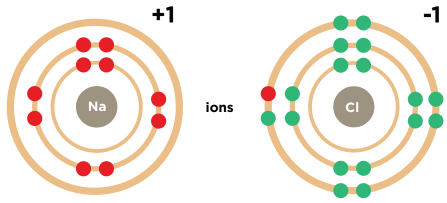
ཕྱོད་ཀྱིས་ཆུའི་དཔེ་རིས་(དཔེ་རིས། ༧)དེར་ཡང་བསྐྱར་ཞིག་བལྟས་ན། ཡང་རླུང་དང་འཚོ་རླུང་དབར་གྱི་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཆ་མ་སྙོམས་པའི་མཇུག་འབྲས་དེ་སྟོམ་རྟགས་སམ་འཛིན་རྟགས་གང་རུང་ཞིག་རྗེས་སུ་འབྲངས་པའི་ལྷེ་རིཀ་གྱི་ཡི་གེ་ཊེ་ལ་ཏ་(d)ཡིས་མཚོན་ཚུལ་དེ་ཤེས་རྒྱུ་རེད། འཚོ་རླུང་གི་རྡུལ་ཕྲན་ལ་ཡོད་པའི་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཤས་ཆེ་བའི་དབང་གིས་H-O ཡི་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བའི་ཐུན་མོང་གི་གློག་རྡུལ་གཉིས་པོ་དེ་རང་གི་ཕྱོགས་སུ་ཉེ་བར་འཛིན་ཞིང་། ཡང་རླུང་ནས་ཐག་རྒྱང་དུ་གཏོང་གི་ཡོད། གློག་རྡུལ་རྣམས་ཀྱི་གློག་ཁུར་གྱི་རྟགས་དེ་མོ་ཡིན་ལ། དེའི་མཇུག་འབྲས་སུ་འཚོ་རླུང་དེ་མོ་ཤས་ཆེ་བར་གྱུར་ཅིང་། འདི་ཉིད་ d⁻ ཡིས་མཚོན་ཡོད། མོ་ཁུར་ཅན་གྱི་གློག་རྡུལ་རྣམས་ཡང་རླུང་གི་རྡུལ་ཕྲན་ནས་བར་ཐག་རིང་སར་འཛིན་པའི་དབང་གིས། ཡང་རླུང་རྡུལ་ཕྲན་དེ་རྣམས་ཕོ་ཤས་ཆེ་བར་གྱུར་པ་རེད། འདི་ཉིད་ d⁺ ཡིས་མཚོན་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༧ ཆུ། ཆུའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆགས་ཚུལ་དེ་བཞིན་ཡང་རླུང་དང་འཚོ་རླུང་དབར་གློག་གི་མོ་གཤིས་ལ་ཆ་མ་སྙོམས་པ་བྱུང་བ་དེའི་གྲུབ་འབྲས་ཡིན། དེ་ཉིད་དཔེ་རིས་འདིར་ལྷེ་རིཀ་གྱི་ཡི་གེ་ཊེ་ལ་ཏ་(d)ཡིས་མཚོན་ཡོད།

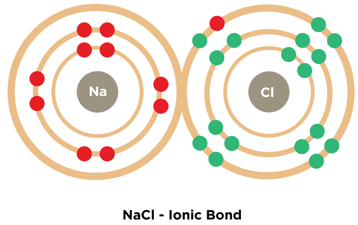
ཆུའི་ནང་དུ་ཡོད་པ་དག་དང་འདྲ་བའི་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བ་གང་ཞིག་ཏུ་གློག་རྡུལ་རྣམས་ཆ་སྙོམས་སུ་འགྲམས་མེད་པ་དག་ལ་སྣེ་གཤིས་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་བ་ཟེར་བ་རེད། ཚན་རིག་ནང་སྣེ་གཤིས་ཞེས་པ་སའི་གོ་ལའི་བྱང་སྣེ་དང་ལྷོ་སྣེ་ལྟ་བུའི་ཁ་ཕྱོགས་སམ་གཏད་ཕྱོགས་འགལ་ཟླར་སོང་བ་ལ་གོ་གིན་ཡོད། དེས་ན་འདིར་ཆུ་དང་འབྲེལ་ནས་བཤད་པ་བྱས་པ་དེ་ལ་གནས་ལུགས་ཡོད་དེ། གློག་རྡུལ་རྣམས་མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་སྦྱོར་ནང་ཆ་ཤས་ལེན་གྱིན་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གཅིག་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་མང་བ་བྱེད་ཅིང་། དེ་ལས་ཁུར་ནུས་ལྡོག་ཕྱོགས་ཅན་གྱི་རྡུལ་ཕྲན་གཞན་དང་མཉམ་དུ་དེ་ཙམ་མི་བྱེད་པའི་ཕྱིར།





གློག་གི་མོ་གཤིས་ཧ་ཅང་མི་མཚུངས་པ་ཡོད་པའི་རྡུལ་ཕྲན་རྣམས་ཀྱིས་འཆིང་སྦྱོར་ཞིག་གྲུབ་ཚེ། གློག་གི་མོ་གཤིས་མཐོ་བ་ཡོད་པའི་རྡུལ་ཕྲན་དེས་གློག་གི་མོ་གཤིས་དམའ་བ་ཡོད་པའི་རང་གི་འཆིང་རོགས་དེ་ནས་གློག་རྡུལ་རྣམས་ཧ་ཅང་ཤུགས་དྲག་པོས་འཛིན་པའི་རྐྱེན་གྱིས་གློག་རྡུལ་དེ་དག་ཐུན་མོང་དུ་སྤྱོད་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ་ཐད་དེ་གནས་སྤོར་བྱེད་དུ་འཇུག་གི་ཡོད། འདི་ལྟའི་འཆིང་སྦྱོར་གྲུབ་པའི་མཇུག་འབྲས་སུ་རྡུལ་ཕྲན་གཅིག་གི་གློག་རྡུལ་གྱི་གློག་ཁུར་མོ་དེ་བོར་བརླག་ཤོར་ནས་རང་ཉིད་གློག་ཁུར་ཕོ་རྒྱུད་པ་ཅན་དུ་གྱུར་པ་དང་། རྡུལ་ཕྲན་གཞན་པ་དེར་མོའི་གློག་ཁུར་གསར་དུ་ཐོབ་ནས་དེ་ཉིད་གློག་ཁུར་མོ་ཁེར་རྒྱུད་ཅན་དུ་གྱུར།

གློག་ཁུར་ལྡན་པའི་རྡུལ་ཕྲན་རྣམས་ལ་གྲེས་རྡུལ་ཟེར་བ་དང་། དེ་དག་ནང་ཕན་ཚུན་གྱི་འཆིང་བ་དེར་གྲེས་རྡུལ་རང་བཞིན་གྱི་འཆིང་བ་ཟེར་བ་རེད། དཔེ་རིས ༨ པའི་ནང་རྒྱུན་ལྡན་གྱི་ཚྭ་སྣེ་སོ་ཌི་ཡམ་ཀོ་ལོ་ར་ཡིཊ་གྱི་འདུས་རྡུལ་སྙེང་དུ་ད་ལྟའི་བྱེད་རིམ་དེ་འགྲུབ་ཚུལ་རིས་འགྲེལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདིར་འདི་ལྟར་ཡིད་འཛོག་བྱེད་དགོས་ཏེ། སོ་ཌི་ཡམ་ལ་གློག་རྡུལ་ཡ་ཞིག་ཡོད་པ་དེ་དེས་བོར་བརླག་ཏུ་གཏོང་འདོད་ཡོད་ཅིང་། (དེ་བོར་བས་དེ་ལ་ཆ་རྫོགས་པའི་སྐོགས་རིམ་གཉིས་པ་ཞིག་ལྡན་པར་འགྱུར་བ་ཡིན་)། ཡང་། ཀོ་ལོ་རིན་ལ་རང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་སྙེང་གློག་རྡུལ་གྱི་ཆ་བཞི་ཚང་བར་གློག་རྡུལ་གཅིག་གིས་ཞུང་བ་ཡོད། དེས་ན་སོ་ཌི་ཡམ་གྱིས་ཀོ་ལོ་རིན་ལ་གློག་རྡུལ་གཅིག་སྤྲད་པས་ཕྱོགས་གཉིས་ཀའི་འདོད་པ་རྫོགས་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལས་སོ་ཌི་ཡམ་དེ་ཉིད་ད་ཆ་སོ་ཌི་ཡམ་གྲེས་རྡུལ་ Na⁺ དུ་གྱུར་(པ་ནི་དེའི་གློག་རྡུལ་གཅིག་བོར་བརླག་ཏུ་གྱུར་པས་ཡིན།) ཀོ་ལོ་རིན་དེ་ད་ཆ་ཀོ་ལོ་ར་ཡིཊ་གྲེས་རྡུལ་ Cl- དུ་གྱུར་(པ་ནི་དེར་གློག་རྡུལ་གཅིག་གསར་དུ་རྙེད་པས་ཡིན།)། དེའི་འབྲས་བུར་རྒྱུན་ལྡན་གྱི་ཚྭ་སྣེ་ Na⁺Cl⁻ གྲུབ་ཀྱི་ཡོད།



NaCl - Ionic Bond

དཔེ་རིས། ༨ NaCl གྱི་གྲེས་རྡུལ་འཆིང་བ། རྒྱུན་ལྡན་གྱི་ཚྭ། NaCl སོ་ཌི་ཡམ་ (Na) ལ་རང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་སྙེང་དུ་གློག་རྡུལ་ཁེར་རྐྱང་གཅིག་ཡོད་པ་དང་། ཀོ་ལོ་རིན་(Cl)ལ་རང་གི་བྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་སྙེང་དུ་གློག་རྡུལ་ཡ་ཞིག་ཡོད། སོ་ཌི་ཡམ་གྱིས་ཀོ་ལོ་རིན་ལ་གློག་རྡུལ་ཞིག་སྦྲོད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནས་སོ་ཌི་ཡམ་དེ་ Na⁺ དང་། ཀོ་ལོ་རིན་དེ་Cl⁻ ཆགས་ཀྱི་ཡོད། དེ་དག་གི་ཁུར་ནུས་ལྡོག་ཟླར་གྱུར་པའི་དབང་གིས་གྲེས་རྡུལ་གཉིས་པོ་དེས་གྲེས་རྡུལ་འཆིང་བ་ཞིག་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

NaCl (སྐབས་མང་པོར་སླ་བསྟུས་རྒྱུ་མཚན་དུ་བྱས་ཏེ་རྫས་འགྱུར་གྱི་བསགས་རྡུལ་འདིའི་རིགས་ལ་གློག་ཁུར་མ་བརྒྱབ་པར་འབྲི་སྲོལ་ཡོད།)ལྟ་བུའི་གྲེས་གྱུར་བསགས་རྡུལ་གྱི་རིགས་འདི་དག་གཤེར་གཟུགས་ཤིག་གི་ནང་བཞུར་ནས་ཡོད་པའི་ཚེ་འདི་དག་ལ་གལ་གནད་ཆེ་བའི་ཁྱད་ཆོས་མང་པོ་ལྡན་གྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༩) འདི་ནི་སྐྱེ་ལྡན་ཕལ་མོ་ཆེའི་ལུས་ཕུང་གང་ལས་གྲུབ་པའི་ཆུའི་ནང་དུ་དེ་དག་བཞུས་ནས་ཡོད་པའི་སྐབས་དམིགས་བསལ་གལ་གནད་ཆགས་ཀྱི་ཡོད། གཤེར་གཟུགས་ནང་གྲེས་རྡུལ་དེ་དག་འགོག་མེད་དུ་གཡོ་འགུལ་བྱེད་པ་རེད། དབང་རྩ་ཚན་རིག་ནང་མཐོང་ཆོར་སྐོར་གྲོས་སྤྱུར་

sion of vision in Neurosciences and also later in this book with our continuing discussion of touch, ions like Na^+ and Cl^- are very important in sending signals between the body's cells and organs.

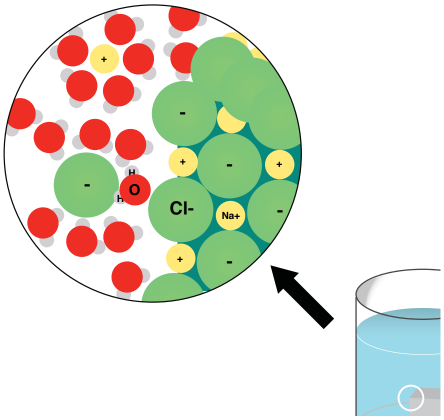


Figure 9: NaCl in water. Ionic compounds, like NaCl, have important properties when dissolved in a liquid. The red spheres represent water.

BASIC CHEMISTRY: WHY WATER?

Why is water the major component of our bodies? In a way, this is a circular question. Water is a major component of our bodies because it is! But the question is still worth considering. Water was the primary **solvent** around at the beginning of our planet (a solvent is a substance in which things, like the salt we just discussed, can dissolve). But, as far as we can tell, water is probably required for *any* kind of life to evolve. That's why scientists get so excited when they find any sign of water on the moon or on another planet. Where there's water, there's at least a chance there might be, or once was, life.

Water has a unique chemical structure that gives it some special chemical properties. Its structure and resultant functions are what allowed life to evolve on Earth. From a chemical standpoint, the structure of water and its resulting characteristics are responsible for us humans being here.

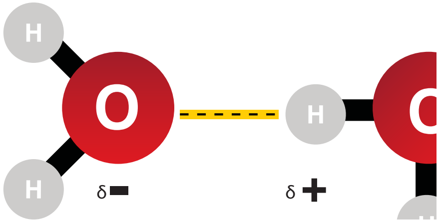
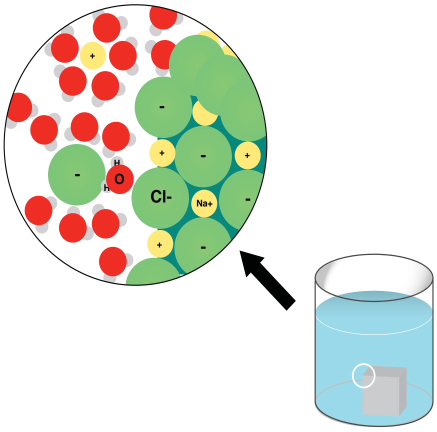


Figure 10: Hydrogen bonding. Water molecules interact with each other due to charge imbalances in each molecule.

Let's explore the special characteristics of water and their implications. As we already saw, water's two polar covalent bonds result in an imbalanced distribution of electrons across each of its two covalent bonds. This results, as we saw, in a partial negative charge on the oxygen atom of water and a partial positive charge on the hydrogen atoms. The result of these partial charges is that neighboring water molecules interact with each other (Figure 10). Since opposite charges attract, partially negative oxygen atoms of one water molecule interact with the partially positive hydrogen atoms of the other. This kind of interaction is called **hydrogen bonding**.

On their own, hydrogen bonds are much weaker than covalent or ionic bonds, but many hydrogen bonds together can make a big difference. And in any water solution, there are countless numbers of hydrogen bonds. There are many implications of this. One is that charged molecules, such as the Na^+Cl^- we just discussed, easily go into solution in water. This is because the negative ion (for example, Cl^-) interacts with the partially-positive hydrogen atoms of water, and the positive ions (for example, Na^+) interact with the partially-negative oxygen atoms of water. Once in solution, ions move freely and interact with other charged molecules.

བྱེད་པའི་སྐབས་དང་། གཞན་ཡང་སློབ་འདིའི་ནང་གསུམ་དུ་ང་ཚོས་རིག་ཚོར་སྐོར་ སྒུ་མཐུད་དེ་གྲོས་སྡུར་བྱེད་པའི་སྐབས་ཕྱོད་ཀྱིས་མཐོང་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། Na^{+} དང་ Cl^{-} ལྷ་བུའི་གྲེས་རྟུལ་འདི་དག་ལུས་པོའི་ཕྲ་ཕུང་དང་དབང་པོའི་དབར་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་རྒྱུར་ཏ་ཅང་གལ་གནད་ཆེན་པོ་ཆགས་ཡོད།

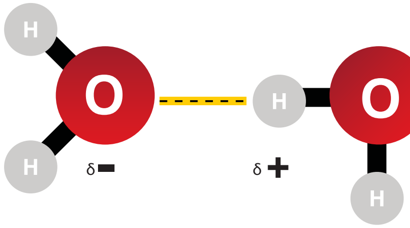


དཔེ་རིས། ༩ ཆུའི་ནང་གི་NaCl NaCl ལྟ་བུའི་གྲེས་གྲུར་བསགས་རྟུལ་གྱི་རིགས་རྣམས་ཧྲན་གཤེར་ཤིག་གི་ནང་བཞུར་ནས་གནས་པའི་སྐབས་དེ་དག་ལ་ཁྱད་ཆོས་གལ་ཆེན་མང་པོ་ཡོད། ཟླུམ་གཟུགས་དམར་པོ་དག་གིས་ཆུ་མཚོན་པ་རེད།

གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར། ཅིའི་ཕྱིར་ན་ཆུ།

ཅིའི་ཕྱིར་ན་ཆུ་ནི་ང་ཚོའི་ལུས་པོའི་གྲུབ་ཆ་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན་ནམ་ཞེ་ན། ཕྱོགས་གཅིག་ནས་བལྟས་ན་འདི་རང་ལན་རང་གིས་ཐེབས་པའི་དྲི་བ་ཞིག་ཡིན་ཚོག་སྟེ། ཆུ་ནི་ང་ཚོའི་ལུས་པོའི་གྲུབ་ཆ་རྒྱ་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན་ཏེ་དེ་ལྟར་ཡིན་པའི་ཕྱིར། ཟེར་བ་ལྟ་བུ་རེད། དེ་ལྟར་ནའང་དྲི་བ་དེར་ད་དུང་བསམ་གཞིག་བྱ་རྒྱུ་ཞིག་ཡིན། ཆུ་ནི་ང་ཚོའི་ས་འི་གོ་ལ་ཐོག་མར་གྲུབ་པའི་དུས་སུ་ཉེ་འཁོར་དུ་ཡོད་པའི་བཞུ་བྱེད་གཙོ་ཆེ་བ་ཞིག་རེད། (བཞུ་བྱེད་ནི་གང་ཞིག་གི་ནང་དུ་གོང་དུ་ང་ཚོས་གླེང་པའི་རྫ་ལྟ་བུའི་དངོས་རྫས་གཞན་རྣམས་བཞུ་སའི་དངོས་པོ་ཞིག་ལ་ཟེར།) འོན་ཀྱང་ང་ཚོའི་ཤེས་ཚོད་ལྟར་བྱས་ན། ཚེ་སྲོག་གི་རིགས་ཅི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་ཡང་དེ་ཉིད་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་བར་ཏ་ལམ་ཆུ་དགོས་ངེས་ཡིན། རྒྱུ་མཚན་དེ་འདྲ་ལ་བརྟེན་ནས་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་ཟླ་བའམ་གཟའ་སྐར་གཞན་གྱི་སྟེང་དུ་ཆུའི་མཚན་མ་ཅི་རིགས་པ་ཞིག་རྙེད་དུས་ཏ་ཅང་སྤྲོ་སེམས་འཁོལ་གྱི་ཡོད། གང་ན་ཆུ་ཡོད་པ་དེ་ན་ཞུང་མཐར་ཡང་སྲོག་ཡོད་པའམ་ཡོད་སྲིད་པ་རེད།

ཆུ་ལ་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆགས་ཚུལ་ཐུན་མོང་མིན་པ་ཞིག་ཡོད་ཅིང་། དེས་དེ་ལ་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཁྱད་ཆོས་དམིགས་བསལ་འགའ་ཞིག་སྦྱིན་གྱི་ཡོད། ཆུའི་ཆགས་ཚུལ་དང་དེའི་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་བྱེད་ལས་རྣམས་ཀྱིས་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་དུ་ཚེ་སྲོག་གི་འཕེལ་འགྱུར་འབྱུང་དུ་བཅུག་པ་རེད། རྫས་འགྱུར་གནས་ལུགས་ཀྱི་ཆ་ནས། ཆུའི་ཆགས་ཚུལ་དང་དེའི་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་ཁྱད་གཤིས་རྣམས་ཀྱིས་མིའི་འགྲོ་བ་རྣམས་ད་ལྟ་འདིར་ཡོད་པའི་འགན་ཁུར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༠ ཡང་རླུང་འཆིང་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ། འདུས་རྟུལ་རེ་རེའི་ནང་གི་གློག་ཁུར་ཆ་མ་སྙོམས་པའི་དབང་གིས་ཆུའི་འདུས་རྟུལ་ནང་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ད་ང་ཚོས་ཆུའི་ཁྱད་གཤིས་དམིགས་བསལ་ཅན་རྣམས་དང་དེའི་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་ཚོས་རྣམས་ལ་རྟོག་ཞིབ་ཅིག་བྱ་ལ། ང་ཚོས་མཐོང་ཟིན་པ་བཞིན། ཆུའི་ལྷོག་སྣེའི་མཉམ་སྦྱོད་འཆིང་བ་གཉིས་པོ་དེའི་འབྲས་བུར་དེའི་མཉམ་སྦྱོད་འཆིང་བ་གཉིས་པོ་རེ་རེའི་ཁྲོན་དུ་གློག་རྟུལ་གྱི་ཆ་བགོས་མི་སྙོམས་པ་དེ་བྱུང་ཞིང་། དེའི་འབྲས་བུར་ང་ཚོས་མཐོང་ཟིན་པ་བཞིན་ཆུའི་འཚོ་རླུང་གི་རྟུལ་ཕྲན་སྟེང་དུ་མོ་ཁུར་ཉི་ཆེ་བ་དང་། དེའི་ཡང་རླུང་རྟུལ་ཕྲན་སྟེང་དུ་ཕོ་ཁུར་ཉི་ཆེ་བ་བྱུང་བ་ཡིན། ཉི་ཚེ་བའི་གློག་ཁུར་འདི་དག་གི་འབྲས་བུ་ནི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁོད་པའི་ཆུའི་འདུས་རྟུལ་རྣམས་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་དེ་ཡིན།(དཔེ་རིས། ༡༠) ལྷོག་ཟླའི་གློག་ཁུར་རྣམས་ཕན་ཚུན་འགུག་འདྲེན་བྱེད་པས། ཆུའི་འདུས་རྟུལ་གཅིག་གི་ནང་གི་མོ་ཁུར་ཆ་ཙམ་འཆང་བའི་འཚོ་རླུང་གི་རྟུལ་ཕྲན་དེ་གཞན་གཅིག་པུ་དེའི་ནང་གི་ཕོ་ཁུར་ཆ་ཙམ་འཆང་བའི་ཡང་རླུང་རྟུལ་ཕྲན་དེ་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་རེད། སྦྲེལ་སྦྱོར་འདིའི་རིགས་ལ་ཡང་རླུང་འཆིང་སྦྱོར་ཟེར།

སྤྱིར་ན་ཡང་རླུང་འཆིང་སྦྱོར་རྣམས་རང་ངོས་ནས་མཉམ་བགོད་འཆིང་བའམ། ཡང་ན་གྲེས་རྟུལ་འཆིང་བ་དག་ལ་ལྟོས་ཏེ་ཏ་ཅང་ཤུགས་ཞན་པ་ཡོད། འོན་ཀྱང་ཡང་རླུང་འཆིང་བ་མང་པོ་མཉམ་དུ་འདུས་པས་ནི་ཁྱད་པར་ཆེན་པོ་བཟོ་བ་ཡིན། ཆུའི་གཤེར་གཟུགས་ཇི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་རུང་དེའི་ནང་ཡང་རླུང་འཆིང་བ་གྲངས་མེད་ཡོད་པ་རེད། འདི་ལ་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་གནས་དོན་མང་དག་ཅིག་ཡོད་དེ། གཅིག་ནི་$Na^{+}Cl^{-}$ལྟ་བུའི་གློག་ཁུར་འཆང་བའི་འདུས་རྟུལ་གྱི་རིགས་རྣམས་ཆུའི་ནང་དུ་ལས་སླ་པོའི་ངང་བཞུ་བ་དེ་རེད། འདི་ནི་གྲེས་རྟུལ་མོ(དཔེར་ན་ Cl^{-})ཡིས་ཆུའི་ནང་གི་ཕོ་ཁུར་ཆ་ཙམ་འཆང་བའི་ཡང་རླུང་གི་རྟུལ་ཕྲན་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་དང་། གྲེས་རྟུལ་ཕོ(དཔེར་ན་ Na^{+})ཡིས་ཆུའི་ནང་གི་མོ་ཁུར་ཆ་ཙམ་འཆང་བའི་འཚོ་རླུང་གི་རྟུལ་ཕྲན་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་རེད། ཧྲན་གཤེར་ནང་སླེབས་ཙ་ན་གྲེས་རྟུལ་རྣམས་འགོག་མེད་དུ་གཡོ་ཞིང་། གློག་ཁུར་འཆང་བའི་འདུས་རྟུལ་གཞན་དག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད།

WATER PROPERTIES

Figure 11: Cohesion and adhesion. Water coheres with itself, forming many hydrogen bonds in a typical cup of tea. Note the slightly curved surface of the chai -- this occurs because water exhibits adhesion, or binding between different molecules -- in this case between molecules of water and the molecules of glass.

Don't forget that we're learning all this chemistry both to become better scientists and in order to understand what happens when we touch our hot cup of chai. Based on this discussion so far, you shouldn't be too surprised that chai itself is mostly water with good things dissolved in it!

If you would have looked carefully at the hot chai in that cup (especially if the cup was clear) before you had picked it up, you would have seen that the surface of the chai is curved (Figure 11). This is because water exhibits **cohesion** and **adhesion**. Cohesion is binding between similar molecules, and adhesion is binding between different molecules. As we discussed, water hydrogen bonds (coheres) with itself, and in the chai, this pulls the water down in the cup; water also hydrogen bonds with any polar surface such as the cup (illustrating adhesion). The chai water adheres to the cup, so wherever the water adheres to the cup, the water resists the pulling down of cohesion; the result of this adhesion and cohesion is the bending of chai water at the surface. The extensive hydrogen bonding of water to itself (cohesion) causes water to have a very high surface tension, that is, the surface of water is almost like a membrane and it resists pressure. Figure 12 should also give you a hint as to why if you throw a piece of ice into your chai, it floats (before it melts). Water is also unusual in that it is denser as a liquid than as

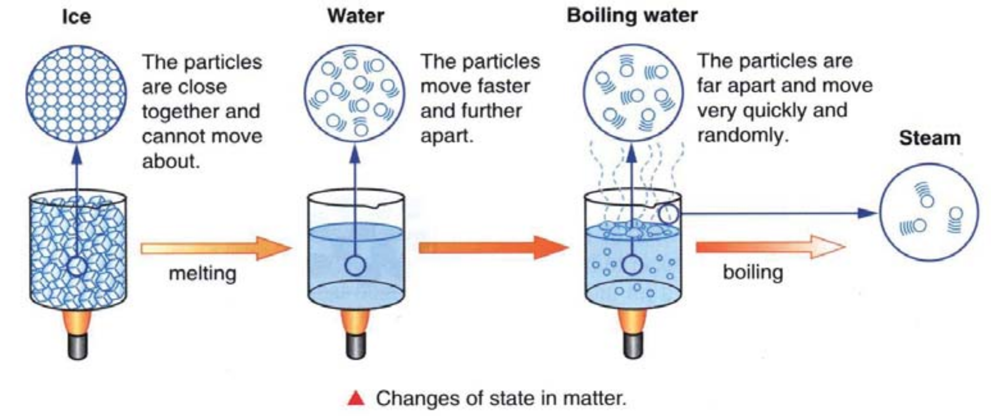


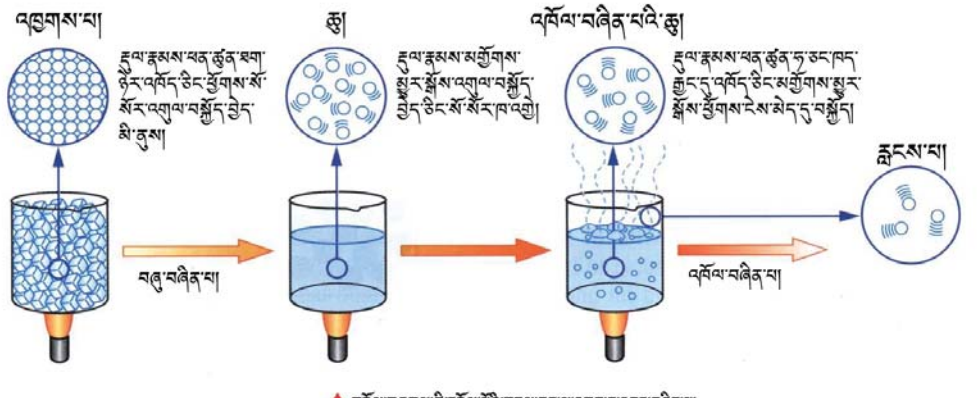
Figure 12: The different states of water. Water, in its frozen state, is less dense than in its liquid state. There are more molecules of water in its liquid form than its solid, ice form. As ice is heated, the individual molecules begin to move faster and faster, until pulled apart. As water boils, it becomes steam.

a solid. **Density** is a measure of how much of something there is per a given volume. **Volume** refers to how much space a material takes up. So, there are more molecules of water in liquid water than in ice water. In Figure 12, you can see how much relative space is taken up by water in liquid and solid water. If frozen water did not happen to

ཆུའི་ཁྱད་ཆོས།

དཔེ་རིས། ༡༡ རང་འདྲོངས་དང་གཞན་འདྲོངས།
ཆུས་རང་ཉིད་དང་ལྷན་དུ་རང་འདྲོངས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་བས་ན་རྒྱུན་མཐོང་གི་ཇའི་ཕོར་པ་ཞིག་གི་ནང་ཡང་ཧྲུང་འཆིང་སྦྱོར་མང་པོ་གྲུབ་པ་འདི་བྱུང་བ་རེད། ཇའི་ཁ་དོག་སུ་ཙུང་ཟད་གོང་ནས་ཡོད་པའི་རྣམ་པ་དེར་དོ་སྣང་བྱོས་དང་། དེ་ནི་ཆུས་གཞན་འདྲོངས་བྱེད་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་བྱུང་བ་ཞིག་སྟེ། འདུས་རྡུལ་མི་གཅིག་པའི་དབར་གྲུབ་པའི་འཆིང་འདྲོངས་ཀྱི་གོ་རིམ་དེ་མཚོན་གྱི་ཡོད་ཅིང་། སྐབས་འདིར་དེ་ལྟའི་གོ་རིམ་དེ་ཆུའི་འདུས་རྡུལ་དང་ཞིམ་ཕོར་གྱི་འདུས་རྡུལ་དབར་འགྲུབ་བཞིན་ཡོད།

ངེད་ཚོས་རྫས་འགྱུར་གྱི་སྦྱིལ་སྦྱོར་སྐོར་འདི་ཀུན་ལ་སློབ་སྦྱོང་བྱེད་པ་ནི། ཚན་རིག་པ་ལེགས་པོ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་རྒྱུ་དང་། ང་ཚོས་ཇ་བླུགས་པའི་ཕོར་པ་ཚ་པོ་ཞིག་ལ་ལག་པ་འཆང་ན་ཅི་འབྱུང་བཤེས་རྒྱུ་སྟེ། དམིགས་ཡུལ་དེ་གཉིས་ཀྱི་ཆེད་དུ་ཡིན་པ་ཁྱོད་ཀྱིས་བརྗེད་མི་རུང་། དཔར་གྱི་གྲོས་སྟར་འདི་གཞི་ལ་བཞག་ནས་བཤད་ན། ཇ་ནི་ཕལ་ཆེ་བ་ཆུ་ཡིན་པ་དང་དེའི་ནང་དངོས་ཆས་བཟང་པོ་འགའ་ཤས་བཞུར་ནས་ཡོད་པ་ཞིག་ཡིན། དེས་ཁྱེད་ངོ་མཚར་སྐྱུར་དགོས་པ་ཅི་ཡང་མེད། གལ་ཏེ་ཁྱོད་ཀྱིས་ཕ་གིའི་ཇ་ཚ་བོའི་ཕོར་པ(ལྷག་པར་དུ་གལ་སྲིད་ཕོར་པ་དེ་དྭངས་གཙང་ཞིག་ཡིན་ན)དེ་ཁྱོད་ཀྱིས་ཡར་མ་བཀྱག་གོང་དུ་ཡིད་ཟབ་ཆེན་པོས་བལྟས་ཡོད་ན། ཁྱོད་ཀྱིས་ཇ་དེའི་ཁ་དོག་དེ་གོང་གོང་ཡིན་པ་མཐོང་ཐུབ། (དཔེ་རིས། ༡༡) འདིའི་རྒྱུ་མཚན་ནི་ཆུ་ལ་རང་འདྲོངས་དང་གཞན་འདྲོངས་ཀྱི་ཁྱད་གཤིས་གཉིས་ཡོད་པ་དེས་ཡིན། དེ་ལ་རང་འདྲོངས་ནི་རིགས་མཚུངས་པའི་འདུས་རྡུལ་ཕན་ཚུན་འདྲོངས་པ་ལ་ཟེར་ལ། གཞན་འདྲོངས་ནི་རིགས་མི་མཚུངས་པའི་འདུས་རྡུལ་ཕན་ཚུན་འདྲོངས་པ་ལ་ཟེར། ང་ཚོས་གྲོས་སྟར་བྱས་པ་བཞིན། ཆུའི་ནང་གི་ཡང་ཧྲུང་གིས་རང་གི་རིགས་དང་ལྷན་དུ(རང་འདྲོངས)འདྲོངས་པར་བྱེད་པས། ཇའི་ནང་ལྷ་བུར་མཆོན་ན། འདིས་ཕོར་པའི་ནང་གི་ཕྲན་གཤེར་མར་འཛིན་པའི་རྐྱེན་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དེར་མ་ཟད་ཆུའི་ནང་གི་ཡང་ཧྲུང་གིས་ཕོར་པ་ལྷ་བུ་སྣེ་གཤིས་ལྡན་པའི་ཕྱི་ངོས་ག་འདྲ་ཞིག་དང་ཡང་ལྷན་དུ་འདྲོངས་ཀྱི་ཡོད། (འདིས་གཞན་འདྲོངས་སྟོན།) ཇའི་ནང་གི་ཆུ་དེ་ཕོར་པར་གཞན་འདྲོངས་བྱེད་ལ། དེས་ན་གང་དུ་ཕྲན་ཆུ་ཕོར་པར་འདྲོངས་པའི་ཕྱོགས་དེར་རང་འདྲོངས་ཀྱི་སྒོ་ནས་མར་འཛིན་པའི་ནུས་པ་དེར་ཆུས་གདོང་ལེན་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། འདི་ལྟར་དུ་རང་འདྲོངས་དང་གཞན་འདྲོངས་བྱེད་པའི་འབྲས་བུར་ཁ་དོག་གི་ཇ་དེ་གོང་གོང་ཆགས་པ་དེ་བྱུང་བ་ཡིན། ཆུའི་ནང་ཡང་ཧྲུང་གིས་རང་ཕྱོགས་དང་འདྲོངས་པའི་གོ་རིམ་རྒྱ་ཆེ་བ་དེས་ཆུའི་ཁ་དོག་ཀྱོང་ཤུགས་ཏ་ཙང་ཤུགས་ཆེ་ཞིག་སྐྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནི་ཆུའི་ཁ་དོག་དེ་སྐྱི་པགས་ལྟ་བུར་གྱུར་ཏེ་ཕྱིའི་གནོན་ཤུགས་ལ་འགོག་རྐྱོལ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད་པ་རེད། ཁྱོད་ཀྱིས་འཁྱགས་པའི་དུམ་བུ་ཞིག་ཇའི་ནང་དུ་འཕངས་ན་དེ(མ་བཞུར་བའི་གོང་དུ)ཇའི་ཁར་ལྡིང་ནས་སྡོད་ཀྱིན་ཡོད། དེ་ལྟར་བྱེད་པ་ཅིས་ཡིན་པའི་ཕྱོགས་སུ་དཔེ་རིས ༡༢ དེས་སྟེ་སྟོན་ཞིག་བྱས་ཡོད། སྤྱིར་ན་ཆུ་དེ་རྡོག་གཟུགས་ཤིག་གི་ངོ་བོར་ཡོད་པའི་སྐབས་ལ་ལྟོས་ཏེ་གཤེར་གཟུགས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་རང་གི་སྟུག་ཚད་མཐོ་བ་ཡོད་ཅིང་། ཚུལ་དེ་ནི་འཆར་ཅན་ཞིག་མིན། དེ་ལ



▲ གདོས་གཟུགས་ཀྱི་དངོས་པོའི་གནས་བབ་ལ་འགྱུར་བ་འབྱུང་བཞིན་པ།

དཔེ་རིས། ༡༢ ཆུའི་གནས་སྐབས་སྣ་ཚོགས། འཁྱགས་གཟུགས་ཀྱི་ངོ་བོར་གྲུབ་པའི་ཚེ་ཆུ་ནི་གཤེར་གཟུགས་ཀྱི་གནས་སྐབས་ལ་ལྟོས་ཏེ་སྟུག་ཚད་ཞུང་བ་ཡོད། རང་གི་རྡོག་གཟུགས་ཀྱི་ངོ་བོ་སྟེ་འཁྱགས་བག་གི་གནས་སྐབས་ལ་ལྟོས་ཏེ་གཤེར་གཟུགས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་ཆུའི་འདུས་རྡུལ་མང་བ་ཡོད། འཁྱགས་བག་ཚ་པོ་བཟོས་ཙ་ན་འདུས་རྡུལ་ཁེར་རྐྱང་རྣམས་སོ་སོར་ཁ་མ་ཁྱེས་ཀྱི་བར་དུ་མགྱོགས་མྱུར་སྒྲོས་གཡོ་བསྐྱོད་བྱེད། ཆུ་འཁོལ་ཙ་ན་དེ་ཉིད་རླངས་པའི་ངོ་བོར་འགྱུར་འགྲོ་བ་ཡིན།

སྟུག་ཚད་ནི་གཤོང་ཚད་ཀྱི་ཚད་ངེས་ཅན་རེའི་ནང་དངོས་པོ་ག་གེ་མོ་ཞིག་གི་འཐོར་ཚད་ཇི་ཙམ་ཤོང་བའི་ཚད་དེར་ཟེར་ལ། གཤོང་ཚད་ཅེས་པ་ག་གེ་མོ་ཞིག་གིས་ཡུལ་གྱི་གོ་ས་ཇི་ཙམ་གཟུང་བའི་ཚད་ལ་ཟེར་བ་རེད། དེས་ན་འཁྱགས་བག་ལ་ལྟོས་ཏེ་གཤེར་ཆུའི་ནང་འདུས་རྡུལ་མང་བ་ཡོད་པ་རེད། དཔེ་རིས ༡༢ ནང་གཤེར་གཟུགས་དང་རྡོག་གཟུགས་ཀྱི་ངོ་བོ་སོ་སོའི་ནང་ལྡན་རྡུལ་ཡུལ་གྱི་གོ་ས་ཇི་ཙམ་གཟུང་བའི་ཁྱད་པར་དེ་ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་ཐུབ། གལ་ཏེ་འཁྱགས་བག་དེ་སྟུག་ཚད་ཞུང་བ་ཞིག་མིན་པ་དང་། དེའི་དབང་གིས་དེ་ཉིད་མ་འཁྱགས་པའི་ཆུའི་ཁར་ལྡིང་ཐུབ་པ་དེ་འདྲ་མིན་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། སའི་གོ་

be less dense and thus float on non-frozen water, the original bodies of water on earth would probably have frozen solid long before life evolved.

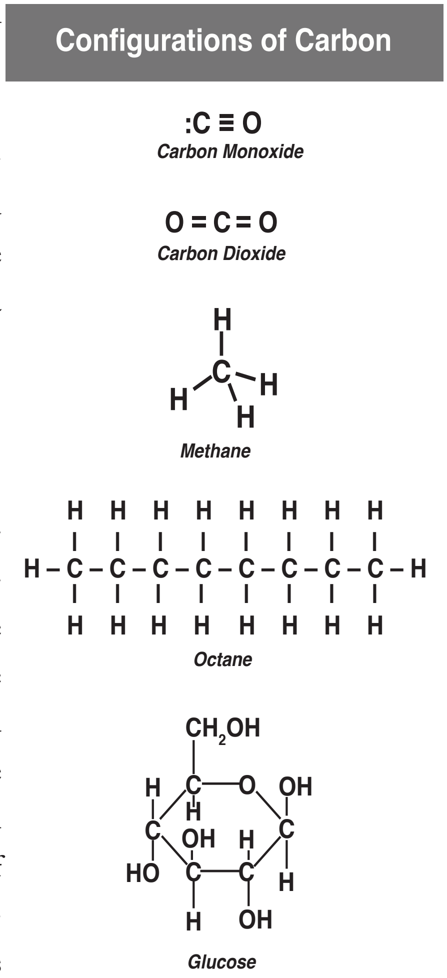


Figure 13: Configurations of Carbon. Carbon can form a varying number of bonds with other elements depending on the number of elements it interacts with. This table outlines some possible configurations of carbon.

Finally, the extensive hydrogen bonding of water has implications for how much energy water can store. It takes a lot of energy to change the temperature of water and to change water from a liquid to a gas. Why do you think this would be an advantage for a solvent in which life was evolving? Why do you think this is an advantage for a solvent that makes up close to half of our bodies by weight?

BASIC CHEMISTRY: CARBON AND ITS PROPERTIES

Look back at Figure 5. Choose the two elements that you think would be most chemically reactive; remember that reactivity depends on the status of the valence shell electrons. Notice that carbon (and silicon) have four *unpaired* valence shell electrons, the most that are possible. This makes carbon capable of forming four covalent single bonds (or, if carbon shares more than one electron within one bond, each carbon could form one double and two single bonds, two double bonds, or one triple and one single bond! See Figure 13 for different configurations of carbon). The ability of each carbon atom to bond with four other atoms creates the potential for enormous diversity of carbon-based molecules. When the atom to which carbon binds, often another carbon, can then itself bond to other atoms the diversity of possibilities is vast. Carbons can bind in linear fashion, they can bind to form circles. Carbon-based, or **organic**, molecules form the structural core, the backbone, of all of life's complex molecules. We will discuss these complex life-molecules momentarily. They are responsible for building and being the built products of all components of you and your senses, all that's biologically involved in your wanting chai, making it, and reaching to touch it, so you can drink it.

While carbon atoms are the backbones of organic molecules, the personality of these molecules is largely determined by the combination of hydrogen, nitrogen, oxygen, phosphorous, and other atoms attached to these carbon backbones. The number, charge, and organization of these extra atoms are what give the structure, and therefore the function to these molecules. Several groups of these extra atoms occur repeatedly with the same organization in a diversity of organic molecules, in the same order with the same function, and so they are called **functional groups** (Figure 14).

ལའི་གདོང་མའི་ཆུའི་ཕུང་པོ་དེ་དག་ཚེ་སྲོག་གྲུབ་པའི་དུས་ཡུན་རིང་པོའི་སྔོན་རང་ནས་འཁྲུགས་ཏེ་རྡོག་གཟུགས་སུ་ཕལ་ཆེར་གྱུར་ཡོད་ངེས་ཡིན།

མཐའ་དོན། ཆུས་ནུས་པ་ཇི་ཙམ་ཞིག་གསོག་ཉར་བྱེད་ཐུབ་མིན་ལ་ཆུའི་ནང་གི་གཞི་རྒྱུ་ཆེ་བའི་ཡང་རླུང་འཆིང་སྦྱོར་གྱིས་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་གིན་ཡོད། ཆུའི་དྲོད་ཚད་ལ་འགྱུར་བ་གཏོང་བ་དང་། ཆུ་དེ་གཤེར་གཟུགས་ཤིག་ནས་རླངས་གཟུགས་ཤིག་ཏུ་བསྒྱུར་རྒྱུ་བཅས་ལ་ནུས་པ་ཧ་ཅང་འཐོན་ཆེ་དགོས་ཀྱི་ཡོད། གང་ཞིག་ཏུ་ཚེ་སྲོག་འཕེལ་འགྱུར་འབྱུང་བཞིན་པའི་བཞུ་བྱེད་ཅིག་ལ་གོང་གི་ཚུལ་འདི་དགེ་མཚན་དུ་འགྱུར་བར་ཁྱོད་ཀྱིས་ཅིའི་ཕྱིར་སེམས་སམ། གང་ཞིག་ང་ཚོའི་ལུས་པོའི་ལྷེད་ཚད་ཡོངས་ཀྱི་ཕྱེད་ཙམ་དུ་གྱུར་པའི་བཞུ་བྱེད་ཅིག་ལ་འདི་ཉིད་དགེ་མཚན་དུ་འགྱུར་བར་ཁྱོད་ཀྱིས་ཅིའི་ཕྱིར་སེམས་སམ།

གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར། ཁར་སྔོན་དང་དེའི་ཁྱད་ཆོས།

དཔེ་རིས་ ༥ ལ་ཕྱིར་ལྟ་ཞིག་བྱོས། ཁྱོད་ཀྱིས་བལྟས་ན་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆ་ནས་ཆེས་ཤིན་ཏུ་འདྲེས་སྦྱོར་འཕེར་བ་ཡིན་པའི་རྩ་རྫས་དེ་འདྲ་གཉིས་འདེམས། འདྲེས་སྦྱོར་གྱི་རང་གཤིས་དེ་གློག་རྡུལ་དག་གི་ཁྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་གྱི་གནས་བབ་ལ་རག་ལས་ཚུལ་དེ་འདིར་དྲན་དགོས། གཞན་ཡང་འདིར་ཡིད་འཇོག་བྱེད་དགོས་པ་འདི་ཡོད་དེ། ཁར་སྔོན་དང་སི་ལི་ཀོན་གྱི་ཁྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་གློག་རྡུལ་ཡ་བཞི་རེ་ཡོད་པ་དང་། དེ་ནི་འབྱུང་སྲིད་པའི་མང་མཐའ་ཡིན་པ་དེ་ཡིན། འདིས་ཁར་སྔོན་ལ་མཉམ་བགོས་ཆིག་རྐྱང་གི་འཆིང་བ་བཞི་ཆགས་ཐུབ་པ་དེ་བཟོས་པ་རེད། (ཡང་མིན་ན། གལ་སྲིད་ཁར་སྔོན་གྱིས་འཆིང་བ་རེ་རེའི་ནང་གློག་རྡུལ་གཅིག་ལས་མང་བ་ཐུབ་མོང་དུ་བཟུང་ཚེ། ཁར་སྔོན་རེ་རེ་ལ་ཉིས་རྩེག་འཆིང་བ་གཅིག་དང་ཆིག་རྐྱང་འཆིང་བ་གཉིས་སམ། ཡང་ན་ཉིས་རྩེག་འཆིང་བ་གཉིས་སམ། ཡང་ན་སུམ་རྩེག་འཆིང་བ་གཅིག་དང་ཆིག་རྐྱང་འཆིང་བ་གཅིག་བཅས་ཆགས་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། ཁར་སྔོན་གྱི་སྡེབ་ལུགས་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་ཆེད་དུ་དཔེ་རིས་ ༡༣ ལ་ལྟོས།) ཁར་སྔོན་གྱི་རྡུལ་ཕྲན་རེ་རེས་རྡུལ་ཕྲན་གཞན་བཞི་དང་མཉམ་དུ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ནུས་པའི་གོ་རིམ་འདིས་ཁར་སྔོན་གཞི་ལ་བྱས་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རྣམ་གྲངས་ཆེས་སྣ་ཚོགས་པ་འབྱུང་རུང་བ་དེ་བསྐྲུན་པ་རེད། གང་གི་ཚེ་གང་དང་ལྷན་དུ་ཁར་སྔོན་འཆིང་སྦྱོར་བྱས་པའི་རྡུལ་ཕྲན་(གང་ཞིག་གནས་སྐབས་མང་ཆེ་བར་ཁར་སྔོན་གཞན་ཞིག་ཡིན་པ་)དེ་ཉིད་སྐད་ཡང་རྡུལ་ཕྲན་གཞན་ཞིག་དང་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ནུས་པར་གྱུར་པ་དེའི་ཚེ་འབྱུང་རུང་བའི་རྣམ་པའི་རྣམ་གྲངས་ནི་ཧ་ཅང་རྒྱ་ཆེ་བར་འགྱུར་བ་ཡིན། ཁར་སྔོན་དག་གིས་ཐད་དྲང་དུ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཐུབ་ལ། དེ་བཞིན་དུ་དེ་དག་གིས་འཁོར་ལོའི་ངོ་བོར་ཡང་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཐུབ། ཁར་སྔོན་གཞི་ལ་བྱས་པའི་འདུས་རྡུལ་དེ་སྐྱེ་ལྡན་འདུས་རྡུལ་རྣམས་ཀྱིས་ཚེ་སྲོག་ཁྲོད་ཀྱི་རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ལུས་སྒྲོམ་གྱི་སྙིང་པོ་སྟེ་རྒྱབ་རྟེན་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། གང་སྒྱུར་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་གི་རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་སྐོར་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། དེ་དག་གིས་ནི་ཁྱེད་དང་ཁྱེད་ཀྱི་ཚོར་བྱེད་དབང་པོའི་ཆ་ཤས་ཀུན་གྱི་གྲུབ་ཟིན་པའི་ཡན་ལག་རྣམས་དང་དེ་དག་འགྲུབ་པར་བྱེད་པའི་ཡན་ལག་བཅས་ལ་འགན་ལེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་སྟེ། ཁྱོད་ཀྱིས་ལུས་པོའི་ལས་ཚུལ་གྱི་བརྒྱུད་ནས་ཇ་འདོད་པ་དང་། ཇ་བཟོས་པ་དང་། ཇ་ལ་རེག་པ་བཅས་ལ་བརྟེན་ནས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཇ་བཏུང་ཐུབ་པ་བྱུང་བ་འདི་ཀུན་ལ་འགན་ལེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཁར་སྔོན་གྱི་རྟུལ་ཕྲན་རྣམས་སྐྱེ་ལྡན་འདུས་རྡུལ་དག་གི་རྒྱབ་རུས་ཡིན་པ་དེ་ལྟར་ཡང་། འདུས་རྡུལ་འདི་དག་གི་གཤིས་ཀ་ནི་ཁར་སྔོན་རྒྱབ་རུས་འདི་དག་དང་སྦྲེལ་ནས་ཡོད་པའི་ཡང་རླུང་། ནཡི་ཊྲོ་ཇེན། འཚོ་རླུང་། འོད་ཀྱི་མ་མ་དང་རྡུལ་ཕྲན་གཞན་གྱི་ཚོགས་ཀྱིས་ཤུགས་ཆེར་ངེས་གཏན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། རྡུལ་ཕྲན་ཐོལ་པ་འདི་དག་གི་གྲངས་ཚད། གློག་ཁུར། བཀོད་སྒྲིག་བཅས་ཀྱིས་འདུས་རྡུལ་འདི་དག་གི་ཆགས་ཚུལ་དང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་འདི་དག་གི་བྱེད་ལས་བཅས་པ་གཏན་འཁེལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སྐྱེ་ལྡན་འདུས་རྡུལ་གྱི་རྣམ་གྲངས་ཐ་དད་པའི་ནང་རྡུལ་ཕྲན་ཐོལ་པ་འདི་དག་གི་ཚོགས་དེ་འདྲ་མང་པོ་སྒྲིག་བཀོད་གཅིག་མཚུངས་སུ་བྱས་པ་ལན་མང་འབྱུང་ལ། སྐབས་དེ་དག་ཏུ་དེ་དག་གི་གོ་རིམ་དང་བྱེད་ལས་བཅས་པ་གཅིག་མཚུངས་སུ་གྱུར་པའི་དབང་གིས་དེ་དག་ལ་ལས་སྡེ་རུ་ཚོགས་ཟེར་གྱི་ཡོད།(དཔེ་རིས། ༡༩)

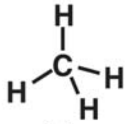
ཁར་སྔོན་གྱི་སྡེབ་ལུགས་སྣ་ཚོགས།

:C ≡ O

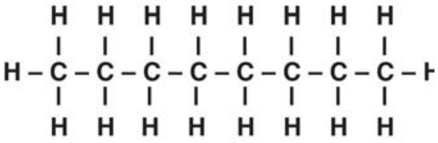
ཁར་སྔོན་འཚོ་རླུང་རྐྱང་ལྡན།

O = C = O

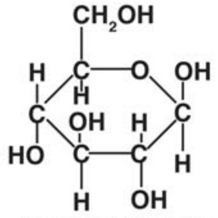
ཁར་སྔོན་འཚོ་རླུང་ཟུང་ལྡན།



མི་ཐེན།



ཨོག་ཏེན།



རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཅུད།

དཔེ་རིས། ༡༣ ནག་རྫས་ཀྱི་སྡེབ་ལུགས་སྣ་ཚོགས། རང་ཉིད་གང་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་སའི་རྩ་རྫས་ཀྱི་གྲངས་འབོར་ལ་ལྟོས་ཏེ་ནག་རྫས་ཀྱིས་རྩ་རྫས་གཞན་དག་དང་མཉམ་དུ་འཆིང་སྦྱོར་གྱི་རིགས་སྣ་ཚོགས་བསྒྲུབ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། རེའུ་མིག་འདིས་ནག་རྫས་ཀྱིས་འགྲུབ་སྲིད་པའི་སྡེབ་ལུགས་འགའ་ཞིག་གི་རྣམ་པ་མཚོན་གྱི་ཡོད།

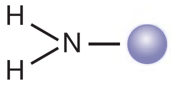
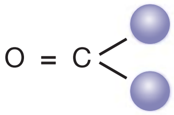
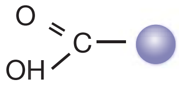
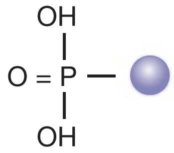
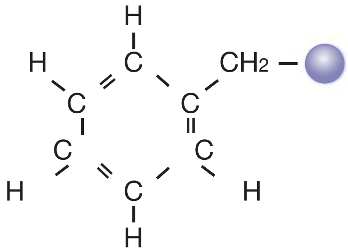
Functional Group	Structure
Amino	
Carbonyl	
Carboxyl	
Hydroxyl	
Phosphate	
Phenyl	
Sulfhydryl	

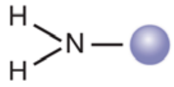
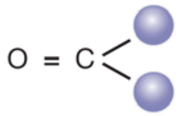
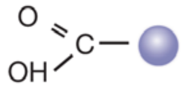
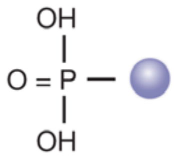
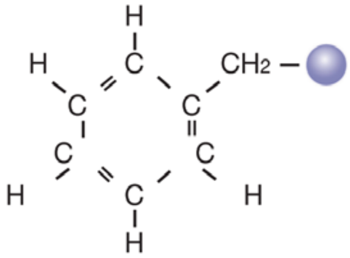
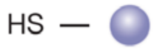
Figure 14: Common functional groups and their chemical structures. The ball represents the rest of the molecules to which these groups are attached.

A STEP BACK

Let's take a step back and see where we've been and where we're going. We have covered a lot of complicated material in a very short time. Consider again our example—reaching to pick up a too-hot cup of chai—in light of our conceptual chart of what is happening biologically when we do this: our skin cells 'feel' heat, we (our cells and nervous system) interpret that heat, and we respond by jerking our hand away.

To fully appreciate these skin cells and what they are doing, we backed up and began to examine what the cells are made of in the first place. We need to understand at least the basics of a science called chemistry: what are atoms, how and why do they interact to form the molecules that carry out biological functions and how and why do they allow cells to be cells. A vital part of this basic chemistry, we discovered, is water.

By exploring the chemistry of water, we begin to see how the chemical nature of water allowed for life on Earth to evolve and to sustain that life once it formed. Water is the universal solvent, the medium in which life can happen. Most of life is water. Cells, including our skin cells, are mostly water. Chai is mostly water.

ལས་སྟེ་རྡུ་ཚོགས།	བཀོད་པ།
ཨ་མི་ནོ།	
ཁར་སྦོ་ནི་ལ།	
ཁར་སྦོག་སི་ལ།	
ཧྱི་ཌོག་སི་ལ།	
ཕོ་སི་ཕེ་ཏེ།	
ཕེ་ན་ཡི་ལ།	
སལ་ཕ་ཧ་ཡི་ཌྲིལ།	

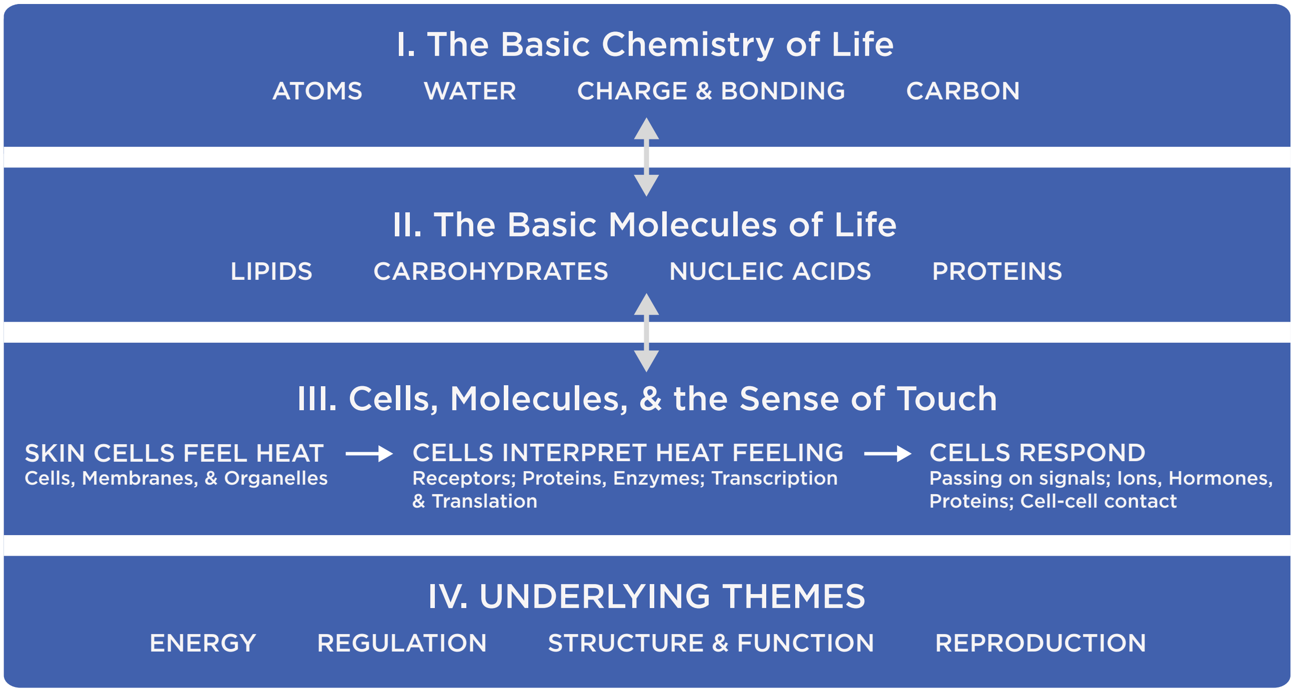
དཔེ་རིས། ༡༩ རྒྱུན་ལྡན་གྱི་ལས་སྟེ་རྡུ་ཚོགས་དང་དེ་དག་གི་རྫས་འགྱུར་བཀོད་པ། སྤོ་ལོ་དེ་དག་གིས་རྡུ་ཚོགས་དེ་དག་གང་དང་སྦྲེལ་ནས་ཡོད་པའི་འདུལ་རྟུལ་གྱི་ལྷག་མ་རྣམས་མཚོན་གྱི་ཡོད།

གོམ་གང་ཕྱིར་ཤིག

ད་ང་ཚོས་གོམ་པ་གང་ཕྱིར་ཤིག་བརྒྱབ་སྟེ་ད་བར་གང་གླེང་ཟིན་པ་དང་འབྱུང་འགྱུར་གང་གླེང་རྒྱུའི་དོན་ལ་བལྟ་བར་བྱའོ། །དུས་ཡུན་ཐུང་ངུ་ཞིག་ནང་ང་ཚོས་རྟོག་འཛིང་ཅན་གྱི་གནས་དོན་མང་པོའི་སྐོར་གླེང་སློང་བྱས་ཡོད། སྐབས་ཡང་འདིར་སྔར་གྱི་དཔེར་མཚོན་དེར་བསམ་གཞིག་ཅིག་བྱ་སྟེ། དེ་ནི་ཧ་ལྤགས་པའི་ཕོར་པ་ཏ་ཅང་ཚ་པོ་ཞིག་ཡར་འགྲོག་པར་རྩོམ་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་རེད། དེ་ཡང་དེ་ལྟར་བྱེད་དུ་ཞུགས་པ་ན་ལུས་པོའི་ལས་རྩོལ་དང་འབྲེལ་བའི་བྱུང་བ་རྣམས་རྣམ་རྟོག་ལ་འཆར་ཚུལ་གྱི་གོ་རིམ་ཇི་ལྟ་བ་བཞིན་དུ་བསྒྲིགས་ན་འདི་ལྟར་ཏེ། ང་ཚོའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཚ་རེག"ཚོར"ལ། དེ་ནས་ང་ཚོའི་(ཕྲ་ཕུང་དང་དབང་རྩ་མ་ལག་དག་གིས)ཚ་རེག་དེའི་བརྡ་སྒྱུར་བྱེད་པ་དང་། དེ་རྗེས་ང་ཚོས་རང་གི་ལག་པ་ལམ་སེང་ཕྱིར་འཐེན་པའི་ཡ་ལན་བྱེད་པ་བཅས་སོ།།

པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་དང་འདི་དག་གི་ལས་རྩོལ་སྐོར་རྒྱུས་ལོན་དཔྱིས་ཕྱིན་པ་བྱེད་པའི་ཆེད། ང་ཚོས་རྒྱབ་ཤིག་ཅིག་བརྒྱབ་སྟེ་སྔོན་ལ་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་རྒྱུ་གང་ལས་གྲུབ་མིན་གྱི་རྟོག་ཞིབ་ཅིག་བྱས་ཡོད། འདི་ལ་མ་མཐར་ཡང་རྫས་སྦྱོར་རིག་པར་འཕོད་པའི་ཚན་རིག་གི་སྟེ་ཚན་དེའི་གཞི་རིམ་གྱི་རྣམ་གཞག་ཤེས་དགོས་པ་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། རྟལ་ཕྲན་གང་ལ་ཟེར་རམ། ལུས་ཀྱི་བྱེད་ལས་རྣམས་སྒྲུབ་པའི་འདུས་རྟུལ་རྣམས་འགྲུབ་པར་མཁོ་བའི་རྟལ་ཕྲན་ཕན་ཚུན་གྱི་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་གོ་རིམ་དེ་ཅིའི་ཕྱིར་དང་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་འགྲུབ་བམ། རྟལ་ཕྲན་དེ་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཅིའི་ཕྱིར་དང་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་ཕྲ་ཕུང་གི་ངོ་བོར་འགྲུབ་ཏུ་འཇུག་གམ། ལྟ་བུ་ཡིན། ང་ཚོར་ཤེས་རྟོགས་བྱུང་བ་བཞིན་ཆུ་ནི་གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར་འདིའི་ཆ་ཤས་གནད་ཆེན་ཞིག་རེད།

ཆུའི་གཞི་རིམ་གྱི་རྫས་སྦྱོར་རིམ་པར་ལྟ་ཞིབ་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ང་ཚོས་གཞི་ནས་ཆུའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རང་བཞིན་མཐོང་ཞིང་། དེ་ལས་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་ཚེ་སྲོག་ཇི་ལྟར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་བ་དང་། དེ་ལྟར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་བའི་ཚེ་སྲོག་དེ་དག་ཇི་ལྟར་རིམ་གྱིས་གསོ་སྐྱོང་ཐུབ་པར་བྱུང་བ་བཅས་ཤེས་ཡོད། ཆུ་ནི་ཀུན་ཁྱབ་བཟོ་བྱེད་ཅིག་སྟེ། གང་དུ་ཚེ་སྲོག་འགྲུབ་ཐུབ་པའི་བརྒྱུད་ལམ་དེ་ཡིན། ཚེ་སྲོག་གི་ཆ་ཕལ་ཆེ་བ་ནི་ཆུ་ཡིན་ལ། ང་ཚོའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཟེ་བའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཕལ་ཆེ་བ་ཡང་ཆུ་ཡིན་པ་དང་། ཧ་ཡང་ཕལ་ཆེ་བ་ཆུ་ཡིན།



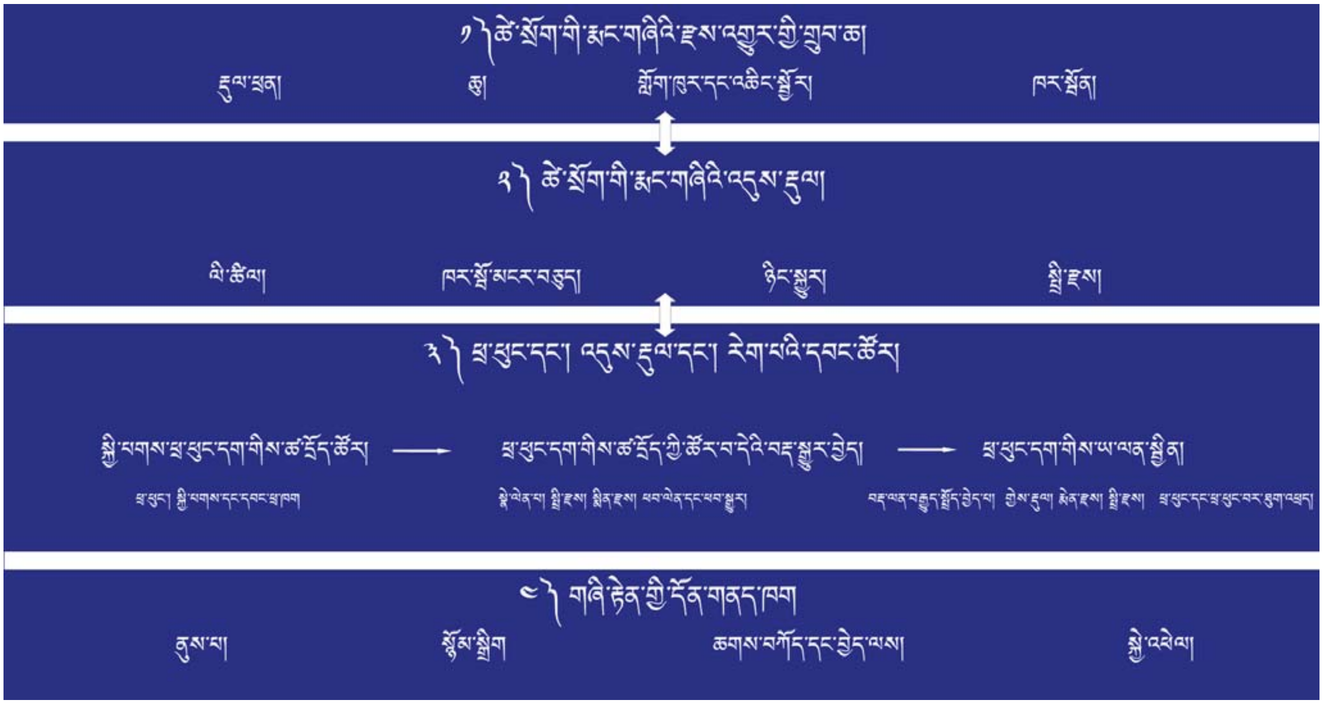
The chemistry that occurs in water involves atoms interacting with each other based on their chemical and electrical state. Each atom of all elements has differently charged components—neutrons (neutral) and protons (positive) in the nucleus and electrons (negative) orbiting the nucleus. An atom's interactivity is based on the number and arrangement of its electrons. When atoms share electrons, it is known as bonding.

Carbon atoms are special because, due to the arrangement and number of their valence electrons, each carbon can form up to four bonds—the most possible for any element. The diversity this allows accounts for most organic (carbon-based) molecules. And it is these organic, life-giving molecules that make up the cells in our fingers that touch the cup of chai, that make up all of our cells, that make up all cells on Earth.

BACK TO THE CELL

If we go back to the picture of our skin that's touching the chai, we find all sorts of cells in our skin (Figure 15): **hair cells** that help in sweat and temperature detection, some dead and some growing **keratinocytes** to cover and protect us, **immune cells** to respond to infectious agents, **nerve cells** to send information to the central nervous system (the spinal cord and the brain), **pigment cells** that give our skin color, and **blood cells** to carry nutrients to the skin.

Added to this complex system of cells are materials that some of the cells make and



ཆུའི་ནང་བྱུང་བའི་རྫས་སྦྱོར་གོ་རིམ་དེར་རྡུལ་ཕྲན་རྣམས་རང་གི་རྫས་འགྱུར་དང་གློག་འགྱུར་གྱི་གནས་བབ་ལ་གཞི་བྱས་ཏེ་ནང་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་ཚུད་ཡོད། རྩ་རྫས་ཐམས་ཅད་ཀྱི་རྡུལ་ཕྲན་རེ་རེ་ནས་གློག་ཁུར་སྣ་ཚོགས་ཅན་གྱི་ཆ་ཤས་ལས་གྲུབ་ཡོད་དེ། ཉིང་རྡུལ་གྱི་ནང་དུ་བར་རྡུལ་(གློག་ཁུར་མ་ནིང་ཅན་)དང་སྨུས་རྡུལ་(གློག་ཁུར་ཕོ་ཅན་)ཡོད་ལ། ཉིང་རྡུལ་གྱི་མཐའ་འཁོར་དུ་སྐོར་བ་རྒྱག་གིན་དུ་གློག་རྡུལ་(གློག་ཁུར་མོ་ཅན་)ཡོད། རྡུལ་ཕྲན་ཞིག་གི་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་རྩལ་ནུས་ནི་རང་ལ་ཡོད་པའི་གློག་རྡུལ་གྱི་གྲངས་དང་དེ་དག་གི་འཁོད་སྟངས་ལ་རག་ལས་ཀྱི་ཡོད། རྡུལ་ཕྲན་ཕན་ཚུན་གློག་རྡུལ་ཞིག་ལ་ཐུན་མོང་དུ་བརྟེན་པའི་གནས་སྐབས་དེ་ལ་འཆིང་སྦྱོར་ཟེར་བ་རེད།

རང་གི་ཕྲིན་པའི་གློག་རྡུལ་གྱི་ཁ་གྲངས་དང་འཁོད་སྟངས་བཅས་ལ་གཞིགས་ན་ཁར་སྦོན་གྱི་རྡུལ་ཕྲན་རྣམས་དམིགས་བསལ་ཅན་ཞིག་ཡིན་ཏེ། ཁར་སྦོན་གྱི་རྡུལ་ཕྲན་རེ་རེར་འཆིང་སྦྱོར་བཞིའི་བར་འགྲུབ་ཐུབ་ཅིང་། དེ་ནི་རྩ་རྫས་ཅི་རིགས་པ་ཞིག་ལ་འགྲུབ་རུང་བའི་འཆིང་སྦྱོར་གྱི་མང་མཐའི་ས་མཚམས་དེ་རེད། འདིས་སྲིད་རུང་དུ་བྱས་པའི་རྣམ་པའི་རྣམ་གྲངས་ལས་(ཁར་སྦོན་གཞི་ལ་བྱས་པའི་)སྐྱེ་ལྡན་འདུས་རྡུལ་ཕལ་མོ་ཆེའི་འབྱུང་རུང་གི་རྣམ་པའི་གསལ་ཁ་སྟོན་གྱི་ཡོད། ད་འི་ཕོར་པར་རིག་པའི་ང་ཚོའི་མཇུབ་མོ་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དང་། ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་ཐམས་ཅད་དང་། མདོར་ན་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་གི་ཕྲ་ཕུང་ཡོད་དོ་ཅོག་གྲུབ་པར་བྱས་པའི་འགྲུབ་བྱེད་ནི་ཚེ་སྲོག་སྟེར་བའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་འདུས་རྡུལ་རྣམས་རེད།

ཕྲ་ཕུང་ལ་ཕྱིར་ལོག

གལ་ཏེ་ང་ཚོས་ཐ་ལ་རིག་བཞིན་པའི་ང་ཚོའི་པགས་པའི་རི་མོ་(དཔེ་རིས། ༡༥)དེར་ཕྱིར་ལོག་ཅིག་བྱས་ན། དེར་ང་ཚོའི་པགས་པའི་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་ཀུན་རྙེད་ཚོག་པ་ཡིན་ཏེ། སྐྲ་སྤུའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རྡུལ་རྒྱ་དང་ཚ་དྲོད་ཤེས་ཚོར་བྱེད་པ་ལ་རམ་འདེགས་བྱེད། འགའ་རེ་ཤི་ཟིན་པ་དང་འགའ་རེ་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་བཞིན་པའི་གེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་ང་ཚོར་གཡོགས་ཤིང་སྐྱོབ་པའི་ཆེད་ཡིན། གཉན་འཛོམས་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་གཉན་ཁ་སློང་མཁན་རྣམས་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཆེད་ཡིན། དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་(ཀླད་པ་དང་རྒྱུངས་པ་)ལ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ཆེད་ཡིན། ཚོན་ཆས་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་ང་ཚོའི་པགས་པར་ཚོན་མདོག་སྤྲིན་ཆེད་ཡིན་པ་དང་། ཁྲག་གི་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་པགས་པར་འཚོ་བཅུད་དཔོར་འདྲེན་བྱེད་པའི་ཆེད་དུ་ཡིན།

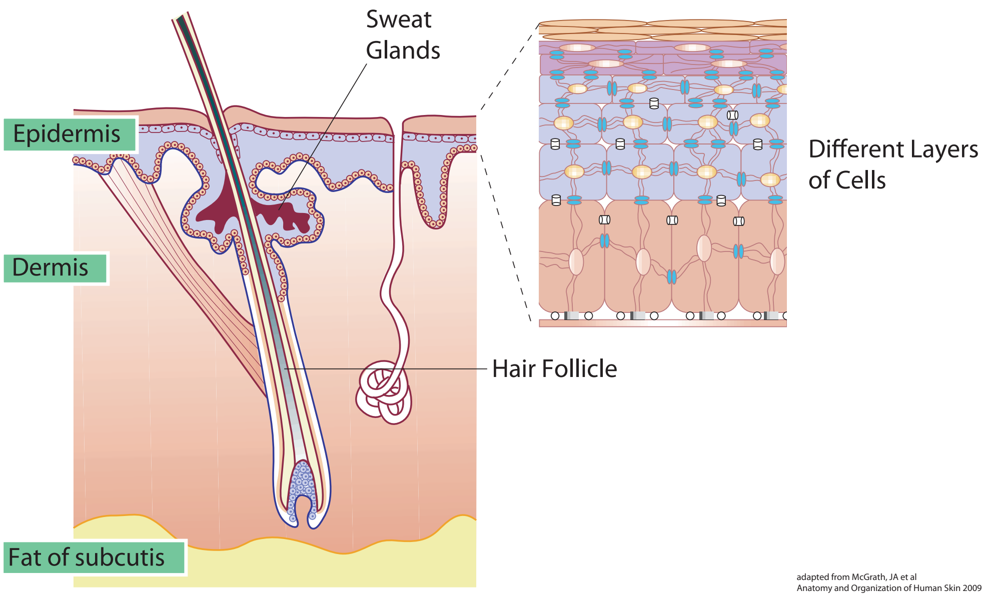


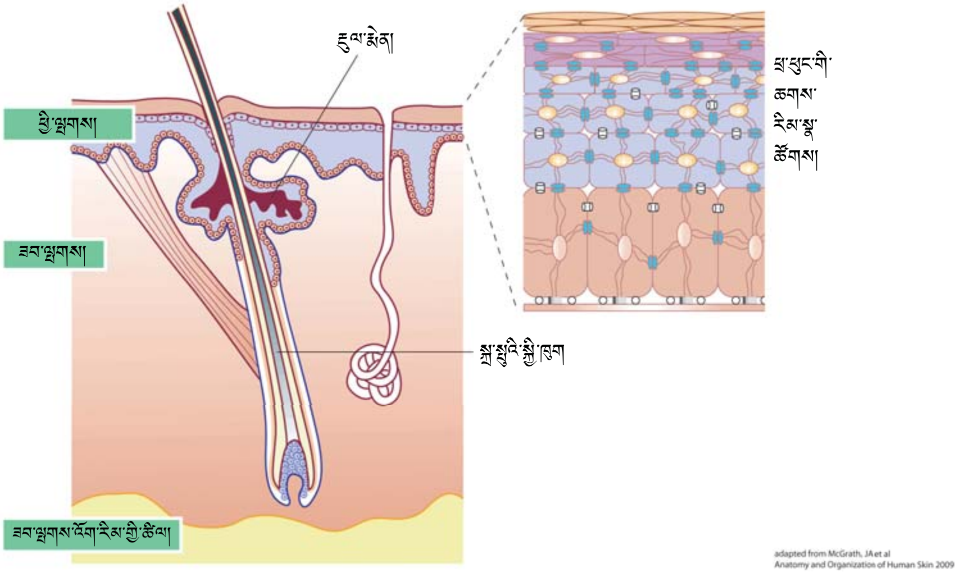
Figure 15: A more detailed cross-section of skin and its various components.

then release into the space between cells—materials similar to the mortar between bricks—like fibers and other components that give the skin strength and structure.

How do the molecules (built from the atoms we learned about) integrate and work together to form cells and perform cellular functions? The answer lies in exploring the complex life-molecules that make up cells and carry out these functions. We began to see the answer when we looked at examples of the complex molecules carbon can form and at the different functional groups that attach to those carbons. But even more complex molecules have evolved. Let's take a tour through these complex life-molecules: **proteins**, **nucleic acids**, **lipids**, and **carbohydrates**.

We will use one particular cell in our skin, the keratinocyte, to guide our journey. Keratinocytes (Figure 16) provide much of the toughness of our skin because they are full of a strong, stringy protein called keratin (the lines you can see inside the cells in Figure 16). Proteins are probably the most widespread and most widely used complex life molecule in cells. They serve structural functions, like keratin does. In addition, most **enzymes** are proteins. Enzymes greatly speed up many chemical reactions that would otherwise not happen for hours, days or years. Enzymes are all over the cell, doing all sorts of jobs, and we'll discuss many of them below.

Other important proteins are key players in our immune systems, as signaling molecules, and as receptors for signals sent from the outside (or inside) of the cell.



དཔེ་རིས། ༡༥ པགས་པ་དང་དེའི་ཆ་ཤས་དུ་མའི་འཕྲེད་བཤགས་ཀྱི་རྣམ་པ་ཅུང་ཟད་རྒྱས་པ་ཞིག

ཕྲ་ཕུང་གི་མ་ལག་རློག་འཛིང་ཅན་དེའི་ཁར་འཕར་སྣོན་རྒྱག་རྒྱུའི་དངོས་རྫས་གཞན་ཞིག་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཁག་ཅིག་གིས་བསྐྲུན་པའི་རྫས་ཆ་གང་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་བར་སྟོང་ཁྲོན་དུ་གློད་གཏོང་བྱས་པ་དག་ཡིན། རྫས་ཆ་འདི་དག་ནི་སོ་ཕག་དབར་གྱི་ཨར་འདམ་དང་འདྲ་བ་ཡིན་ལ། དེ་ནི་པགས་པར་ཤེད་ནུས་དང་བགོད་པ་སྦྱིན་པའི་རྩིད་སྐྱུད་དང་གྲུབ་ཆ་གཞན་རྣམས་ལ་ཟེར་བ་ཡིན།

ཕྲ་ཕུང་འགྲུབ་པ་དང་ཕྲ་ཕུང་རིམ་པའི་བྱེད་ལས་རྣམས་བསྒྲུབ་པའི་ཕྱོགས་སུ་(ང་ཚོས་སྦྱངས་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གྱིས་གྲུབ་པའི་)འདུས་རྡུལ་རྣམས་ཇི་ལྟར་འདྲེས་སྦྱོར་དང་མཉམ་ལས་བྱེད་དམ། འདིའི་ལན་ནི་གང་ལས་ཕྲ་ཕུང་གྲུབ་ཅིང་གང་གིས་བྱེད་ལས་འདི་རྣམས་བསྒྲུབ་པའི་ཚེ་སྲོག་བསྐྲུན་པའི་རློག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་ལ་ལྟ་ཞིབ་བྱས་པའི་གསེང་དུ་རྙེད་ཐུབ། ཁར་སྣོན་ལས་གྲུབ་པའི་རློག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་གྱི་དཔེར་མཚོན་དག་དང་། ཁར་སྣོན་དེ་དག་ལ་སྦྲེལ་བའི་ལས་སྒོ་ཉ་ཚོགས་ཐ་དདད་པ་དག་ལ་ང་ཚོས་བལྟས་པའི་སྐབས་ང་ཚོར་དྲི་བ་དེའི་ལན་རྙེད་རྒྱུའི་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད། འོན་ཀྱང་ད་ནི་སྔར་ལས་ཀྱང་འཁྱུག་ཆ་དོད་པའི་རློག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་མང་པོ་འཕེལ་འགྱུར་ཕྱིན་ཡོད། འདིར་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་བསྐྲུན་པའི་རློག་འཛིང་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་ཏེ། སྤྲི་དཀར། ཉིང་སྙུར། ཚིལ། མདར་བཅུད་བཅས་པ་འདི་དག་ལ་བལྟ་སྐོར་ཞིག་བྱའོ།།

སྐོར་སྐྱོད་འདིའི་སྐབས་ང་ཚོས་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ཞེས་པའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དམིགས་བཀར་བ་དེ་གནས་བཤད་པའི་ཚུལ་དུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་(དཔེ་རིས། ༡༦)ཀེ་ར་ཊེན་(དཔེ་རིས་ ༡༦ སྟེང་ཁྲོད་ཀྱིས་མཐོང་བའི་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཐིག་རིས་རྣམས་)ཞེས་པའི་སྐུད་གཟུགས་ཅན་གྱི་སྤྲི་དཀར་ཤེད་ཅན་དེས་ཁེངས་ནས་ཡོད་པས། ང་ཚོའི་པགས་པའི་གྱོང་གཤིས་ཀྱི་རང་བཞིན་ཕལ་ཆེ་བ་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་གིས་སྦྱིན་གྱི་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་སྤྲི་དཀར་རྣམས་ནི་ཕལ་ཆེར་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཆེས་ཁྱབ་ཆེ་ལ་ཆེས་བེད་སྤྱོད་དུ་བཀོལ་བའི་རློག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་དེ་རེད། ཀེ་ར་ཊེན་སྤྲི་དཀར་གྱི་སྟེང་དུ་གསལ་བ་བཞིན་སྤྲི་དཀར་དག་གིས་ཆགས་བཀོད་སྐྲུན་པའི་བྱེད་ལས་མང་དག་ཅིག་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེའི་ཁར་སྨིན་རྫས་ཕལ་ཆེ་བ་ཡང་སྤྲི་དཀར་ཡིན་པ་རེད། སྨིན་རྫས་མེད་ན་ཆུ་ཚོད་དང་། ཉིན་མ་དང་། ལོ་ངོ་མང་པོའི་ནང་དུའང་འགྲུབ་མི་ཐུབ་པའི་རྫས་འགྱུར་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་དག་གི་རིགས་རྣམས་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་ཏ་ཙང་སྒྱུར་བར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སྨིན་རྫས་ནི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཀུན་ཏུ་ཁྱབ་ནས་ཡོད་ཅིང་། དེར་བྱེད་ལས་ཀྱི་རྣམ་པ་སྣ་ཚོགས་ཤིག་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་དག་ལས་མང་པོ་ཞིག་ང་ཚོས་གཤམ་དུ་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།

གལ་གནད་ཅན་གྱི་སྤྲི་དཀར་གཞན་དག་ཁག་གཅིག་བརྡ་ལན་གཏོང་བའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་ཚུལ་དུ་དང་། ཕྲ་ཕུང་གི་(ནང་ལོགས་ནས་སམ་ཡང་ན་)ཕྱི་ལོགས་ནས་བཏང་བའི་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་སྣེ་ལེན་པའི་ཚུལ་དུ་ང་ཚོའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ནང་གི་ཡན་ལག་གཙོ་བོའི་གྲས་སུ་ཡོད།

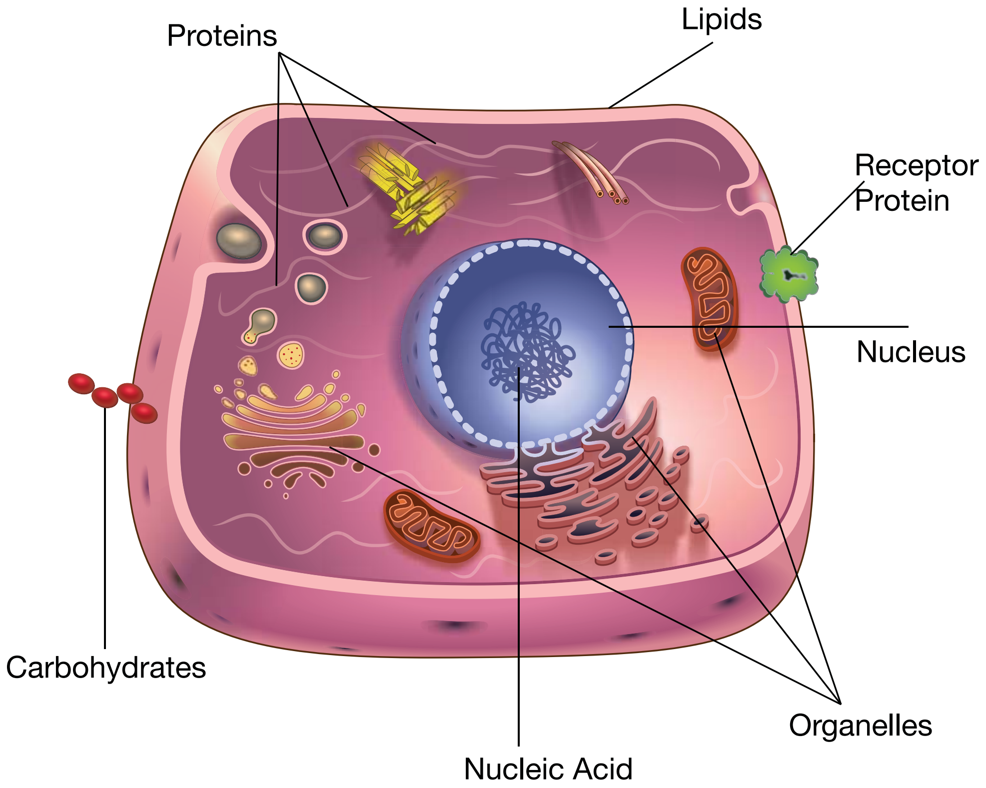


Figure 16: A single keratinocyte, labeled with its constituent components. The DNA, which codes for the cell's proteins, is enclosed in the nucleus. Throughout the cell, other organelles perform functions to keep the cell thriving.

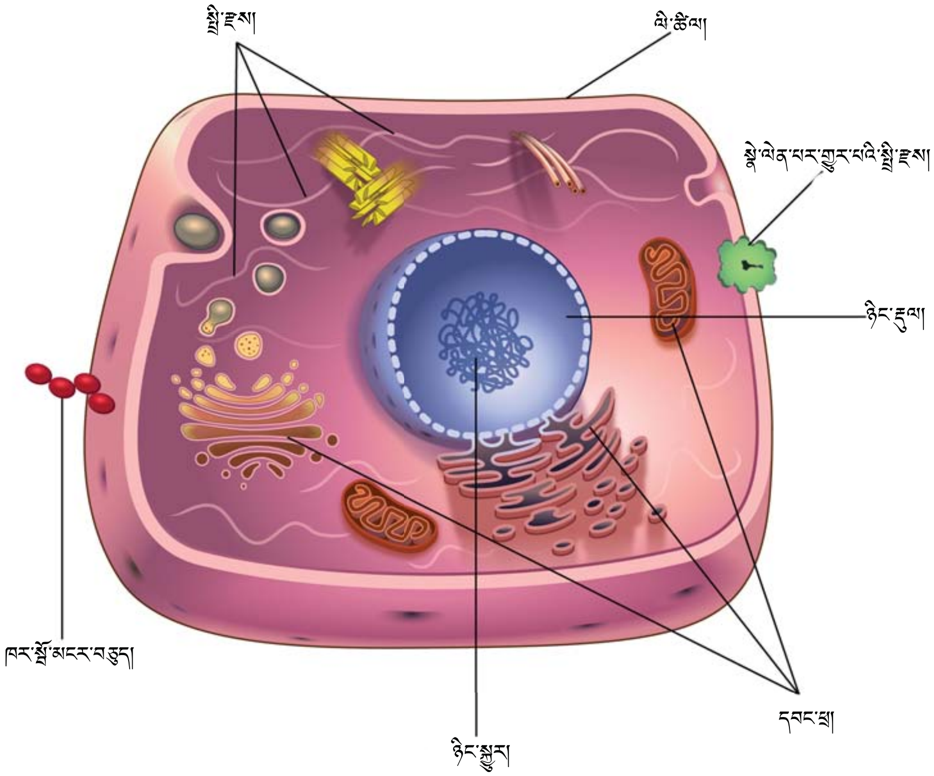
In which part of the cell do you think the temperature receptors for the heat of your chai are? These receptors are on the cell surface, which is called the **cell membrane**. Cell membranes and other membranes are made of fatty chemicals called **lipids**. As we'll see, in addition to our cells having membranes on their outside boundaries, cells also have many internal membranes; these membrane structures are primarily made up of lipids with proteins, like the temperature receptor, sprinkled in.

DNA
↓
RNA
↓
PROTEIN

One of the many membrane bound compartments inside keratinocytes and virtually all cells, is called the **nucleus**. In general, membrane-bound components of cells are called **organelles**. Like the *atomic* nucleus of protons and neutrons, the *cellular* nucleus (labeled in Figure 16) is the heart and control center of eukaryotic cells. This is because inside the nucleus is another complex life molecule, the **nucleic acid** called DNA.

This nucleic acid, which you have heard about in several other contexts, holds the code for and serves as the template for the production of the complex life-molecules we just discussed: proteins. The intermediary nucleic acid 'between' DNA and protein is called **RNA, or ribonucleic acid** (We will later more specifically discuss RNA).

Every nucleus in all of our keratinocytes, and actually in every single one of our cells, contains all the same DNA information, that is, all the same genes, as every other of



དཔེ་རིས། ༡༤ ཆ་ཤས་སོ་སོར་མིང་བཏགས་པའི་ཀེར་ཤེན་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་ཤིག ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་སྤྲི་རྫས་དག་ལ་བཟོ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་ཌི་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིང་རྡུལ་ནང་འཐུམས་ནས་ཡོད། ཕྲ་ཕུང་དེ་སྒུ་མཐུད་དུ་དར་འཕེལ་དུ་སྐྱོང་བའི་ཕྱོགས་སུ་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁྱོན་ཀུན་དུ་དབང་གཟུགས་ཐིག་ཕུང་གཞན་རྣམས་ཀྱིས་བྱེད་ལས་དུ་མ་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

ཁྱོད་ཀྱི་ཇ་ཡི་ཚ་དྲོད་འཇལ་བའི་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་དག་ཁྱོད་ཀྱིས་བལྟས་ན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱོགས་གང་དུ་ཡོད་པར་སེམས་སམ། སྣེ་ལེན་པ་འདི་དག་ནི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཡོད་ལ། ངོས་དེར་ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་ལྤགས་ཟེར་བ་རེད། ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་ལྤགས་དང་སྐྱི་ལྤགས་གཞན་དག་མང་པོ་ཞིག་ལི་ཚིལ་ཟེར་བའི་ཞག་ཚི་ཅན་གྱི་རྫས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་ལས་གྲུབ་ཡོད། ཕྱིས་སུ་ང་ཚོས་མཐོང་བར་འགྱུར་བ་བཞིན་ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་གི་ཕྱི་ངོས་ཀྱི་མཚམས་དག་ཏུ་སྐྱི་ལྤགས་ཡོད་པའི་ཁར། དེ་དག་གི་ནང་འདབས་སུའང་སྐྱི་ལྤགས་མང་པོ་ཡོད། སྐྱི་ལྤགས་འདི་དག་གི་ཆགས་བཀོད་རྣམས་དྲོད་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་ལྟ་བུའི་སྤྲི་དཀར་གྱིས་ཐོར་བུར་བཏབ་ནས་ཡོད་པའི་ལི་ཚིལ་ལས་གཙོ་ཆེར་གྲུབ་པ་ཞེ་ཅིག་རེད།

ཌི་ཨེན་ཨེ།
↓
ཨར་ཨེན་ཨེ།
↓
སྤྲི་རྫས།

ཀེར་ཤེན་ཕྲ་ཕུང་དང་ཕལ་ཆེར་ཕྲ་ཕུང་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ནང་དུ་སྐྱི་ལྤགས་ཀྱིས་བཏུམས་ནས་ཡོད་པའི་ཁུང་མིག་མང་པོ་ཡོད་པའི་ཁྲོད་ནས་གཅིག་ལ་ཉིང་རྡུལ་ཟེར་བ་རེད། སྤྱིར་ན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་སྐྱི་ལྤགས་ཀྱིས་བཏུམས་ནས་ཡོད་པའི་ཁུང་མིག་རྣམས་ལ་དབང་ཕྲ་ཟེར། སྦྲུས་རྡུལ་དང་བར་རྡུལ་ལྡན་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གྱི་ཉིང་རྡུལ་དང་མཚུངས་པར་(དཔེ་རིས་ ༡༤ ནང་མིང་འདོགས་བྱས་པའི་)ཕྲ་ཕུང་གི་ཉིང་རྡུལ་དེ་ཡང་ཉིང་ཅན་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ལྟེ་སྙིང་དང་སྟངས་འཛིན་བྱེད་རིམ་གྱི་བབས་ཚུགས་ཡིན། དེ་ཡིན་པ་ནི་ཉིང་རྡུལ་གྱི་ཁོག་པར་རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་གཞན་དག་ཅིག་ཡོད་པས་ཡིན་ལ། དེ་ནི་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཟེར་བའི་ཉིང་སྐྱུར་དེ་རེད།

ཁྱེད་ཀྱིས་སྐབས་ཀྱི་འབྲེལ་མང་པོའི་ནང་ཐོས་མྱོང་བའི་ཉིང་སྐྱུར་འདིས་སྤྲི་རྫས་ཏེ། སྔོན་ཙམ་དུ་ང་ཚོས་གྲོས་སྡུར་བྱས་པའི་རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་དེ་དག་གི་གསང་བཟ་གཟུང་ཞིང་། དེ་དག་སྐྱེད་འདོན་གྱི་ཕྱོགས་སུ་ལུགས་ཁུང་དང་དོད་མཚུངས་པའི་བྱ་བ་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད། ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་སྤྲི་རྫས་གཉིས་དབར་གྱི་བར་ཞུགས་ཉིང་སྐྱུར་དེ་ལ་ཨར་ཨེན་ཨེའམ། ཡང་ན་ཉིང་མངར་ཉིང་སྐྱུར་རྫས་ཟེར་བ་རེད། (ང་ཚོས་ཕྱིས་སུ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ཐོག་ཆེད་དུ་གཏད་ནས་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།)

ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཀེར་ཤེན་ཕྲ་ཕུང་ཀུན་གྱི་ཉིང་རྡུལ་རེ་རེའི་ནང་དུ་དང་། དོན་ངོ་མར་ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ནང་དུ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆ་འཕྲིན་ཀུན་གཅིག་མཚུངས་ཡོད་པ་སྟེ། ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་ཀུན་དང་འདྲ་བར་ཀུན་ལ

our cells; however, by mechanisms we will discuss, only the DNA ‘needed’ in keratinocytes is used by keratinocytes to make proteins.

Carbohydrates, the last major complex life molecule we will discuss, are used in keratinocytes and other cells in three major ways: (1) like proteins, they can provide structure; (2) they bind to membrane proteins to give each cell a unique identification tag and (3) they store chemical energy.

PROTEINS

Let’s look more closely at proteins. We’ll use the keratin proteins and the temperature receptor proteins in keratinocytes as examples, but the concepts and ideas we’ll develop are true for all proteins.

Proteins have many different levels of structure. They are built of amino acids, which are carbon-based structures we will discuss below (and which are discussed in Life Sciences Primer 1). There are 20 different amino acids (Figure 17) responsible for the composition of virtually all of the millions of different proteins on Earth.

Each amino acid is represented by a one- or three-letter code, as noted in the figure. Proteins are produced in the cell in a linear fashion, connecting one amino acid after another (in a process we will discuss below), so we can represent a protein as a linear string of amino acids. Linear strings of similar chemicals are known generally as **polymers**. The string of amino acids is called the protein’s **primary structure**. Each protein has a unique order and combination of amino acids, and proteins vary in length from a few amino acids to thousands. Figure 18 and 19 show the primary structures of two proteins, keratin and temperature-sensing receptor, respectively.

རིགས་རྫས་ཀྱི་རྒྱུ་ཆ་གཅིག་མཚུངས་དེ་ག་རང་ཡོད། དེ་ལྟར་ནའང་ང་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུའི་ལས་དོན་བསྒྲུབ་ཚུལ་གྱི་ཆ་ནས་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་གང་མཐོ་བའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཕོ་ན་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་བཀོལ་སྤྱོད་བྱས་ཏེ་སྤྲི་རྫས་བཟོ་སྐྲུན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ང་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུའི་རྙོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྫུལ་གནད་ཆེ་བ་ཐ་མ་དེ་ཁར་སྦྲ་མངར་བཅུད་རེད། དེ་ནི་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་དང་ཕྲ་ཕུན་གཞན་དག་གི་ནང་ཚུལ་ཆེན་པོ་གསུམ་གྱི་སྒོ་ནས་བེད་སྤྱོད་ལ་བཀོལ་གྱིན་ཡོད། ཚུལ་དེ་རྣམས་ནི། ༡༽ སྤྲི་རྫས་བཞིན་དུ་དེ་དག་གིས་བཀོད་པ་སྒྲིན་གྱི་ཡོད། ༢༽ སྐྱི་ལྤགས་སྤྲི་དཀར་ལ་འཕྱུད་པའི་སྒོ་ནས་དེ་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་བྱེ་བྲག་པ་རེ་རེ་ལ་ཐུན་མོང་མིན་པའི་ངོས་འཛིན་གྱི་རྟགས་རེ་སྤྲོད་ཀྱི་ཡོད། ༣༽ དེ་དག་གིས་རྫས་འགྱུར་གྱི་ནུས་པ་གསོག་འཇོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

སྤྲི་དཀར་རྫས།

ད་ང་ཚོས་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ལ་ཞིབ་པར་ལྟ་རྟོག་ཅིག་བྱའོ། །འདིར་ང་ཚོས་དངོས་སུ་ཀེ་ར་ཊེན་སྤྲི་དཀར་དང་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཚ་དྲོད་སྣེ་ལེན་པར་གྱུར་པའི་སྤྲི་རྫས་དེ་དག་དཔེར་མཚོན་དུ་བྱེད་ལ། དེ་ལྟར་ནའང་འདིའི་བརྒྱུད་ནས་ང་ཚོས་བསླང་རྒྱུའི་རྣམ་གཞག་དང་རིག་པ་རྣམས་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་ཀུན་ལ་གཅིག་མཚུངས་སུ་རིགས་འགྲེ་རྒྱུང་བ་ཡིན།

སྤྲི་རྫས་རྣམས་ལ་བཀོད་སྒྲིག་གི་རིམ་པ་མི་འདྲ་བ་མང་པོ་ཡོད། དེ་དག་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱིས་གྲུབ་པ་ཡིན་ལ། སྐྱུར་རྫས་འདིའི་རིགས་ནི་ཁར་སྦོན་གཞི་ལ་བྱས་པའི་བཀོད་སྒྲིག་ཅིག་ཡིན། ང་ཚོས་འདིའི་སྐོར་གཉམ་དུ་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན་ལ། (ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་ངོ་སྤྲོད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་དུའང་གྲོས་སྟུར་བྱས་ཡོད།) ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལ་རིགས་མི་འདྲ་བ་ཉི་ཤུ་(དཔེ་རིས། ༡༧)ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་གིས་ནི་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་གི་སྤྲི་རྫས་མི་འདྲ་བ་ས་ཡ་མང་པོ་ཡོད་པ་ཏ་ལམ་དེ་ཀུན་གྱི་ཆགས་ཚུལ་ལ་འགན་ཁུར་ལེན་གྱི་ཡོད།

དཔེ་རིས་ནང་གསལ་བ་བཞིན་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རེ་རེ་བཞིན་ཡིག་འབྲུ་གཅིག་ཅན་ནམ། ཡིག་འབྲུ་གསུམ་ཅན་གྱི་གསང་རྟགས་ཞིག་གིས་མཚོན་ནས་བསྟན་ཡོད། སྤྲི་རྫས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོའི་ནང་ནར་མོའི་རྣམ་པར་སྐྱེས་ནས་ཡོད་ཅིང་། དེར་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་(འོག་ནས་བཤད་རྒྱུའི་རྒྱུད་རིམ་ཞིག་གི་ཁྲོད་དུ་)གཅིག་གི་རྗེས་སུ་གཅིག་སྦྲེལ་ནས་འཁོད་ཡོད། དེར་བརྟེན་ང་ཚོས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དྲང་ཐད་དུ་སྦྲེལ་བའི་ཕྲེང་བའི་རྣམ་པ་ཞིག་གི་སྒོ་ནས་སྤྲི་རྫས་ཞིག་མཚོན་ཆོག་པ་ཡིན། རྫས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་རིགས་གཅིག་པ་ལས་གྲུབ་པའི་དྲང་ཐད་ཀྱི་ཕྲེང་བ་དག་ལ་སྤྱིར་ན་ཆ་མང་བསགས་རྫུལ་ཟེར་བ་རེད། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་ཕྲེང་བ་དེ་ལ་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་གཞི་རིམ་གྱི་བཀོད་པ་ཟེར་བ་ཡིན། སྤྲི་རྫས་རེ་རེ་ལ་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་གོ་རིམ་དང་འདུས་ལུགས་ཐུན་མོང་མིན་པ་རེ་ཡོད་པ་དང་། སྤྲི་རྫས་ལ་ནང་གསེས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཁྱུང་ཤས་ཙམ་ནས་སྟོང་ཕྲག་མང་པོའི་བར་གྱིས་གྲུབ་པའི་རིང་ཐུང་སྣ་ཚོགས་ཡོད། དཔེ་རིས ༡༨ དང་ ༡༩ གཉིས་ཀྱིས་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་མཚན་གཞི་གཉིས་ཏེ། རིམ་པ་བཞིན་ཀེ་ར་ཊེན་སྤྲི་དཀར་དང་འོད་ཚེར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་གཉིས་ཀྱི་གཞི་རིམ་གྱི་བཀོད་པ་སྟོན་གྱི་ཡོད།

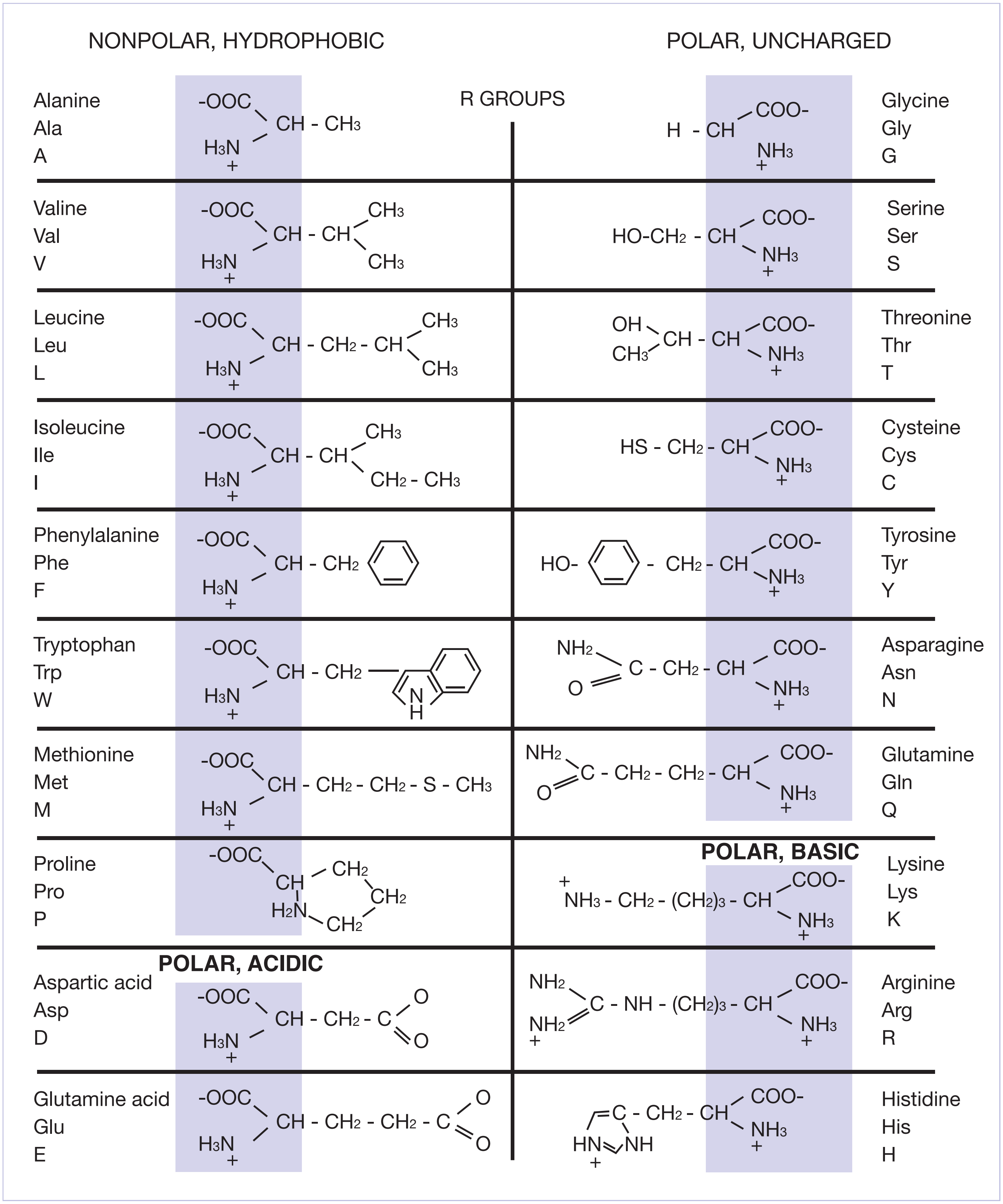
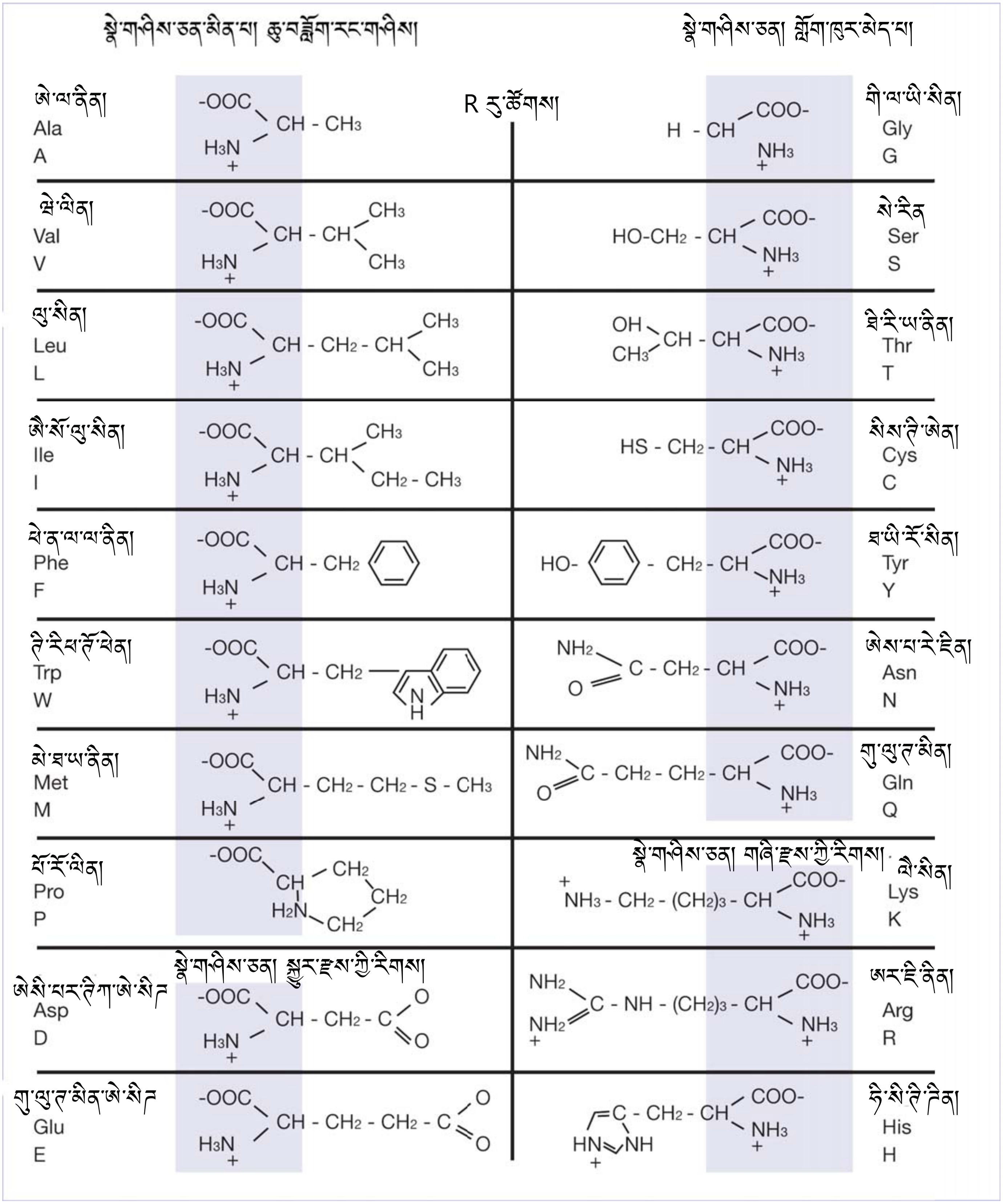


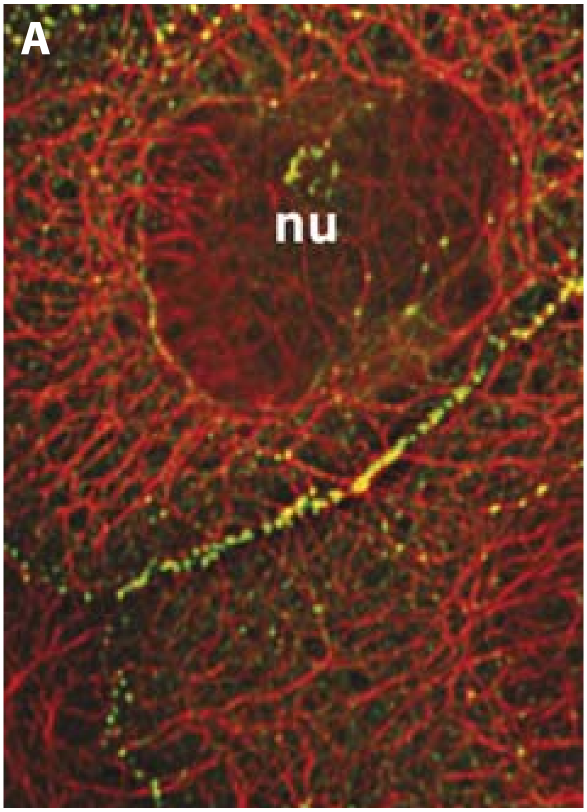
Figure 17: The 20 amino acids. Each amino acid's chemical structure is shown, in addition to each one's full name and one- and three-letter abbreviations. The shaded box surrounds the core of the amino acid. Notice how all the amino acid structures are based on carbon and how each carbon has four covalent bonds (choose one amino acid and identify the four bonds for each carbon in it). All amino acids have a common core from which they get their name: an amino functional group (NH_2 or, when in a typical living environment NH_3^+) and a carboxylic acid functional group (COOH, or in a typical environment COO^-). Note that, like all complex life molecules, amino acids are built from the basic atoms of life.



དཔེ་རིས། ༡༧ ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཉི་ཤུ། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རེ་རེའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་བཀོད་པ་གསལ་བའི་སྟེང་། དེ་དག་རེ་རེའི་མིང་ཆ་ཚང་བ་དང་ཡིག་འབྲུ་གཅིག་ཅན་དང་གསུམ་ཅན་གྱི་སྐྱུང་བྲིས་བཅས་གསལ་ཡོད། ཚོན་ཁྲིབ་ཅན་གྱི་སྣམ་གཟུགས་དེ་དག་གིས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེའི་ཉིང་ཆ་དེ་བསྟུས་ཡོད། དོ་སྣང་བྱེད་དགོས་པ་ཞིག་ནི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་བཀོད་པ་ཀུན་ཁར་སྟོན་གཞི་ལ་བྱས་པ་ཞིག་ཡིན་པ་དང་། དེ་རེ་རེ་ལ་མཉམ་སྦྱོད་འཆིང་སྦྱོར་བཞི་རེ་ཡོད་པ་དེ་ཡིན། (ཁྱོད་ཀྱིས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཤིག་བདམས་ཏེ་དེའི་ནང་གི་ཁར་སྟོན་རེ་རེར་ཚང་བའི་འཆིང་སྦྱོར་བཞི་པོ་དེ་ངོས་ཟུངས།) ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀུན་ལ་ཐུན་མོང་གི་ཉིང་ཆ་རེ་ཡོད་པ་དེ་ལས་དེ་དག་གི་མིང་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནི་ཨ་མི་ནོའི་ལས་སྡེ་རྡུ་ཚོགས་ཤིག (NH$_2$ ཡང་ན། འཚོ་སྲོད་ཁོར་ཡུག་མཚན་ཉིད་པ་ཞིག་གི་ནང་ཡོད་དུས་ཀྱི་ NH_3^+)དང་ཁར་སྦོ་ཨོགསི་ལིག་ཨེ་སིཊ་ཀྱི་ལས་སྡེ་རྡུ་ཚོགས(COOH ཡང་ན། འཚོ་སྲོད་ཁོར་ཡུག་མཚན་ཉིད་པ་ཞིག་གི་ནང་ཡོད་དུས་ཀྱི་ COO^-)བཅས་ཡིན། རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་ཀུན་དང་འདྲ་བར་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་ཚེ་སྲོག་གི་རྣང་གཞིའི་རྡུལ་ཕྲན་དག་ལས་གྲུབ་པ་ཞིག་ཡིན་པ་ཡིད་འཛོག་བྱེད་དགོས།

Due to the order of amino acids in a protein, how many there are, and how they're charged (notice in the figure of the 20 amino acids that amino acids are charged differently), proteins fold into higher level **secondary** and **tertiary** structures. Keratin, like all other proteins, has a primary structure and secondary and tertiary structures (Figure 18). Look at the lines crossing the keratinocytes in Figure 18A; these lines are protein fibers of keratin. Now look at the schematic drawings of keratin, and you see what the higher-level structures of keratin proteins look like. They are very similar to rope or the iron rods inside concrete, and they serve a very similar function—providing skin flexibility and strength. Remember shape reflects and drives function, and vice versa.

Keratin: Sequence & Structure



B

```
MTTCSRQFTS  SSSMKGSCGI  GGGIGAGSSR  ISSVLAGGSC  RAPNTYGGGL
SVSSSRFSSG  GAYGLGGGYG  GGFSSSSSSF  GSGFGGGYGG  GLGAGLGGGF
GGGFAGGDGL  LVGSEKVTMQ  NLNDRLASYL  DKVRALEEAN  ADLEVKIRDW
YQRQRPAEIK  DYSPYFKTIE  DLRNKILTAT  VDNANVLLQI  DNARLAADDF
RTKYETELNL  RMSVEADING  LRRVLDELTL  ARADLEMQIE  SLKEELAYLK
KNHEEEMNAL  RGQVGGDVNV  EMDAAPGVDL  SRILNEMRDQ  YEKMAEKNRK
DAEEWFFTKT  EELNREVATN  SELVQSGKSE  ISELRRTMQN  LEIELQSQLS
MKASLENSLE  ETKGRYCMQL  AQIQEMIGSV  EEQLAQLRCE  MEQQNQEYKI
LLDVKTRLEQ  EIATYRRLLE  GEDAHLSSSQ  FSSGSQSSRD  VTSSSRQIRT
KVMDVHDGKV  VSTHEQVLRT  KN
```

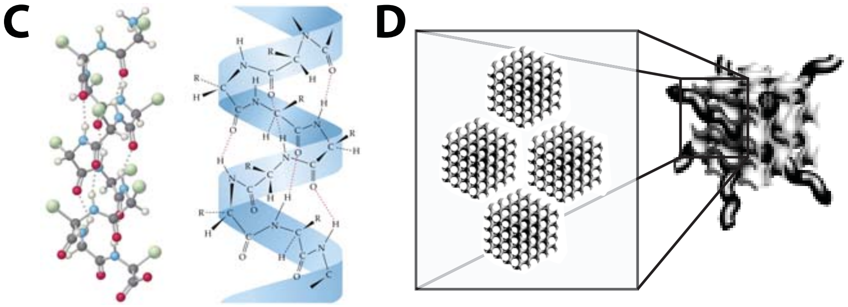
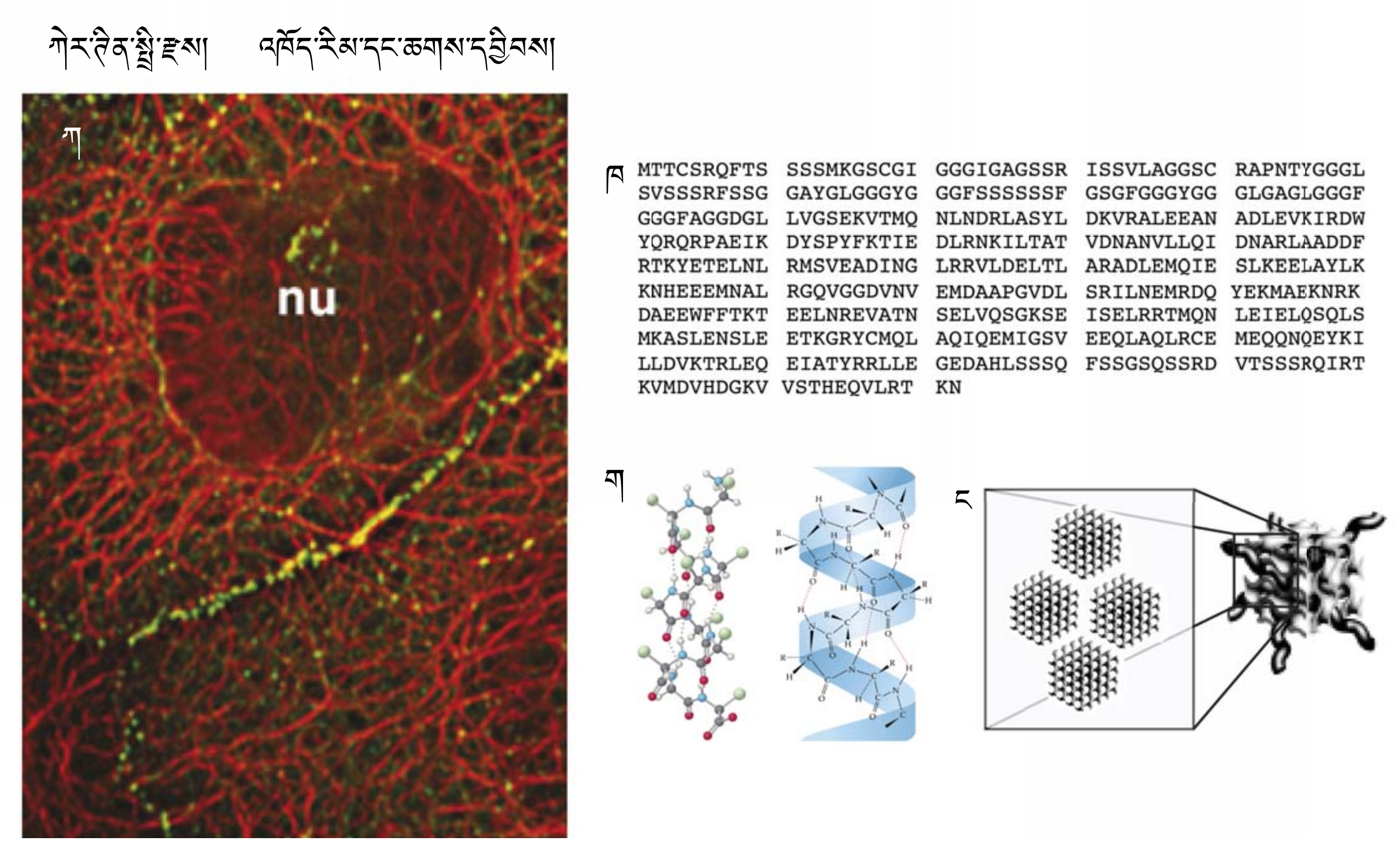


Figure 18: Primary, secondary, and tertiary structure of keratin. A shows a picture of cells; the keratin fibers are visible throughout the cells. B is the amino acid, primary sequence of the keratin protein. C shows a secondary structure of keratin. D shows the more complex, tertiary structure of keratin, in which various components of the protein fold onto one another.

སྤྲི་རྫས་ཤིག་གི་ནང་གི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་ཀྱི་གོ་རིམ་དང་། གྲངས་འཁོར། སྒྲོག་ཁུར་གྱི་རང་བཞིན་(ཨ་མི་ནོ་ཉེ་ཤུའི་དཔེ་རིས་ལ་བལྟས་ཏེ་དེ་དག་གི་སྒྲོག་ཁུར་མི་མཚུངས་པའི་རྣམ་པ་ངེས་པར་བྱོས་)བཅས་ཀྱི་རྐྱེན་པས་སྤྲི་རྫས་དེ་དག་རབས་གཉིས་པ་དང་གསུམ་པ་ཅན་གྱི་མཐོ་རྩེག་རིམ་པའི་ཆགས་དབྱིབས་སུ་ལྟེབ་ཆོགས་ཐབས་ཀྱི་ཡོད། སྤྲི་རྫས་གཞན་ཀུན་དང་འདྲ་བར་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་དཀར་ལ་རབས་དང་པོ་དང་། གཉིས་པ། གསུམ་པ་(དཔེ་རིས། ༡༤)བཅས་ཀྱི་ཆགས་དབྱིབས་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༡༤ ཀ་ པའི་ནང་གི་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕྲུང་ལ་འཕྲེད་ནས་གཅོད་པའི་ཐིག་ལམ་དེར་ལྟོས་དང་། ཐིག་ལམ་འདི་རྣམས་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་དཀར་གྱི་སྤྲི་དཀར་རྩེད་སྐུད་རེད། ད་ཁྱོད་ཀྱིས་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་དཀར་དག་གི་འཆར་ལྡན་གྱི་འབྲི་རིས་དེ་རྣམས་ལ་ལྟོས་དང་། དེར་ཁྱོད་ཀྱིས་ཐོག་བརྩེགས་རིམ་པའི་ཆགས་དབྱིབས་ཀྱི་རྣམ་པ་མཐོང་ཐུབ། དེ་དག་ནི་ཐག་པའམ། ཡར་པོའི་ཕོག་ནང་གི་ལྕགས་ཧྲང་དག་དང་ཧ་ཅང་འདྲ་མཚུངས་ཡོད་པར་མ་ཟད། བྱེད་ལས་ཀྱང་ཧ་ཅང་མཚུངས་པ་ཡིན་ཏེ། དེ་དག་གིས་པགས་པའི་མཉེན་ཆ་དང་ཤེད་མོ་སྐྱེད་པའི་ཕྱིར། གཟུགས་དབྱིབས་ཀྱིས་ཚུར་བྱེད་ལས་མཚོན་པར་བྱེད་ཅིང་སླ་བར་བྱེད་ལ། བྱེད་ལས་ཀྱིས་ཀྱང་ཕར་དེ་མཚུངས་བྱེད་པ་དྲན་དགོས།



དཔེ་རིས། ༡༤ ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རབས་དང་པོ། གཉིས་པ། གསུམ་པའི་ཆགས་དབྱིབས། ཀ༽ འདིས་ཕྲ་ཕྲུང་དུ་མའི་དཔེ་རིས་ཤིག་སྟོན་ཞིང་། དེར་ཕྲ་ཕྲུང་གི་ཁྱོན་ཀུན་ཏུ་ཁྱབ་པའི་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རྩེད་སྐུད་རྣམས་ཕྱིར་མངོན་པར་གསལ་ཡོད། ཁ༽ འདིས་མཚོན་པ་ནི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཡིན་ལ། དེ་ནི་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རབས་དང་པོའི་འཁོད་རིམ་དེ་ཡིན། ག༽ འདིས་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རབས་གཉིས་པའི་ཆགས་དབྱིབས་དེ་མཚོན། ང༽ འདིས་ཀེ་ར་ཊིན་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་སྟེང་བས་རྙོག་འཛིང་ཆེ་བའི་རབས་གསུམ་པའི་ཆགས་དབྱིབས་དེ་མཚོན་ལ། དེར་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་གྲུབ་ཆ་སྣ་ཚོགས་པ་རྣམས་གཅིག་སྟེང་དུ་གཅིག་ལྟེབ་ཆོགས་ཐབས་ཏེ་གནས་པ་མཚོན་ནོ།།

Temperature Sensing Receptor: Structure & Function

A) Amino Acid Sequence

0	meqrasldse	esesppqens	cldppdrdpn	ckpppvkphi	fttrsrtrlf	gkgdseeasp	60
61	ldcpyeeggl	ascpiitvss	vltiqrpgdg	pasvrpssqd	svsagekppr	lydrrsifda	120
121	vaqsncqele	sllpflqrsk	krltdsefkd	petgktcllk	amlnlhngqn	dtiallldva	180
181	rktdslkqfv	nasytdsyyk	gqtalhiaie	rrnmtlvtll	vengadvqaa	angdffkktk	240
241	grpgfyfgel	plslaactnq	laivkfllqn	swqpadisar	dsvgntvlha	lvevadntvd	300
301	ntkfvtsmyn	eililgaklh	ptlkleeitn	rkgltplala	assgkigvla	yilqreihep	360
361	ecrhlsrkft	ewaygpvhss	lydlscidtc	eknsvlevia	ysssetpnrh	dmllveplnr	420
421	llqdkwdrfv	krifyfnffv	yclymiifta	aayyrpvegl	ppyklkntvg	dyfrvtgeil	480
481	svsggvyfff	rgiqyflqrr	pslkslfvds	yseilffvqs	lfmlvsvvly	fsqrkeyvas	540
541	mvfslamgwt	nmlyytrgfq	qmgiyavmie	kmilrdlcrf	mfvylvflfg	fstavvtlie	600
601	dgknnslpme	stphkcrgsa	ckpgnsynsl	ystclelfkf	tigmgdleft	enydfkavfi	660
661	illlayvilt	yilllnmlia	lmgetvnkia	qeskniwklq	raitildtek	sflkcmrkaf	720
721	rsgkllqvgf	tpdgkddyrw	cfrvdevnwt	twntnvgiin	edpgncegvk	rtlsfslrsg	780
781	rvsgrnwknf	alvpllrdas	trdrhatqqe	evqlkhytgs	lkpedaevfk	dsmvpgek	838

B) Structure

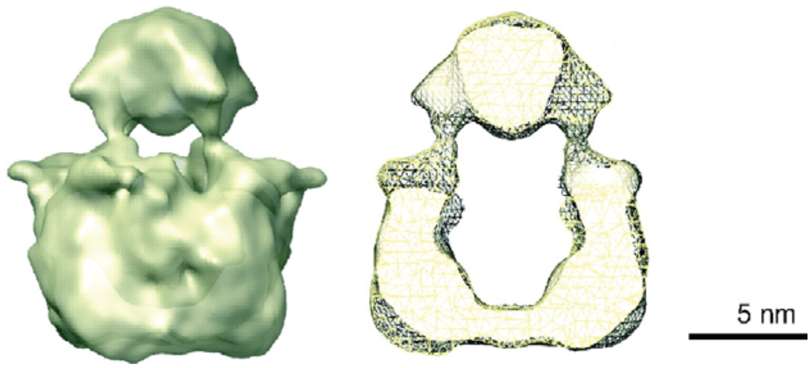


Figure 19: Amino acid sequence and structure of a mammalian temperature-sensing receptor.

Other proteins very relevant to our discussion are the temperature receptors on skin cells, the receptors that allow us to feel heat when we touch that cup of chai. What is their protein structure?

A mammalian temperature-sensing receptor` sequence and structure are shown in Figure 19. How does a string of amino acids, like the 838 amino acids of the receptor above, fold into a complicated protein structure like that shown in the figure? Well, we actually don't know for sure, but we have a pretty good idea. The answer is hidden in the chemical personalities of the amino acids, in the same way that the chemical personalities of the individual elements of water determine water's personality. And chemical personality is determined by shape, size, and charge.

Let's take a closer look at the 20 amino acids that compose proteins. Examine the structures in Figure 17. Study them carefully. What differences and similarities do you see among these amino acids? Notice that they all have a common chemical part based on a carbon atom bound to three groups (H, COO^-, and NH_3^+) and that the fourth carbon bond is to a part that's different for each amino acid (Remember that due to its valence shell electrons, carbon forms four covalent chemical bonds).

FAMILIES OF PROTEINS

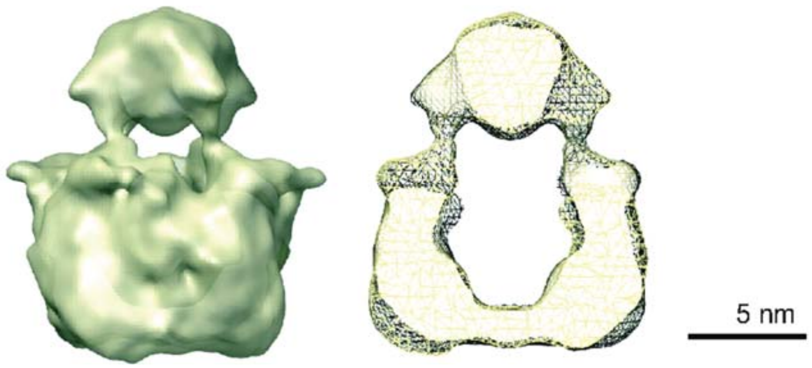
Like keratins, temperature receptor proteins belong to a large family of similar proteins. Families of proteins have evolved within one species (for example there are 5-10 different temperature-sensing receptors in humans) and extend beyond one species. For example, as we saw in Life Sciences Primer I, similar proteins are conserved from species to species; this conservation is true of both their primary and higher-level structures.

རྡོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ། ཆགས་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས།

ཀ༽ ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་འགོད་རིམ།

0	meqrasldse	esesppqens	cldppdrdpn	ckpppvkphi	fttrsrtrlf	gkgdseeasp	60
61	ldcpyeeggl	ascpiitvss	vltiqrpgdg	pasvrpssqd	svsagekppr	lydrrsifda	120
121	vaqsncqele	sllpflqrsk	krltdsefkd	petgktcllk	amlnlhngqn	dtialllldva	180
181	rktdslkqfv	nasytdsyyk	gqtalhiaie	rrnmtlvtll	vengadvqaa	angdffkktk	240
241	grpgfyfgel	plslaactnq	laivkfllqn	swqpadisar	dsvgntvlha	lvevadntvd	300
301	ntkfvtsmyn	eililgaklh	ptlkleeitn	rkgltplala	assgkigvla	yilqreihep	360
361	ecrhlsrkft	ewaygpvhss	lydlscidtc	eknsvlevia	ysssetpnrh	dmllveplnr	420
421	llqdkwdrfv	krifyfnffv	yclymiifta	aayyrpvegl	ppyklkntvg	dyfrvtgeil	480
481	svsggvyfff	rgiqyflqrr	pslkslfvds	yseilffvqs	lfmlvsvvly	fsqrkeyvas	540
541	mvfslamgwt	nmlyytrgfq	qmgiyavmie	kmilrdlcrf	mfvylvflfg	fstavvtlie	600
601	dgknnslpme	stphkcrgsa	ckpgnsynsl	ystclelfkf	tigmgdleft	enydfkavfi	660
661	illlayvilt	yilllnmlia	lmgetvnkia	qeskniwklq	raitildtek	sflkcmrkaf	720
721	rsgkllqvgf	tpdgkddyrw	cfrvdevnwt	twntnvgiin	edpgncegvk	rtlsfslrsg	780
781	rvsgrnwknf	alvpllrdas	trdrhatqqe	evqlkhytgs	lkpedaevfk	dsmvpgek	838

ཁ༽ ཆགས་དབྱིབས།



དཔེ་རིས། ༡༩ ནུ་གསོས་སེམས་ཅན་གྱི་རྡོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་གི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་འགོད་རིམ་དང་ཆགས་དབྱིབས།

སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཁྲིམ་ཚང་།

ཀ་ར་སྤྲི་རྫས་ཇི་བཞིན་དུ། རྡོད་ཚད་སྣེ་ལེན་བྱེད་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་རིགས་མཚུངས་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཁྲིམ་ཚང་ཆེན་པོ་ཞིག་ཏུ་གཏོགས་ཀྱི་ཡོད། སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཁྲིམ་ཚང་དེ་ཚོ་ཐོག་མར་ཉེ་རིགས་གཅིག་གི་ནང་ཁུལ་དུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ལ། (དཔེར་ན། འགྲོ་བ་མི་ལ་རྡོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་མི་འདྲ་བ་ ༥ ནས་ ༡༠ བར་ཡོད།) དེ་ནས་རིམ་གྱིས་ཉེ་རིགས་དེའི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་རྒྱ་སྐྱེད་ཀྱི་ཡོད། དཔེར་ན། ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཅན་རིག་གི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་མཐོང་བ་བཞིན། རིགས་མཚུངས་པའི་སྤྲི་རྫས་དེ་དག་ཉེ་རིགས་གཅིག་ནས་ཉེ་རིགས་གཞན་ཞིག་ཏུ་བརྒྱུད་པའི་སྒོ་ནས་ཞར་སྣང་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད་ལ། འདི་ལྟར་དུ་ཞར་སྣང་བྱུས་པའི་དངོས་རྫས་ཀྱི་ཁྲོད་དུ་དེ་དག་གི་གཞི་རིམ་དང་མཐོ་རིམ་གྱི་ཆགས་དབྱིབས་གཉིས་ག་འདུས་ཡོད།

ང་ཚོའི་སྐབས་ཐོབ་ཀྱི་གྲོས་སྟུར་དང་ཏ་ཅང་འབྲེལ་ཆེ་བའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་གཞན་ཞིག་ནི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་སྟེང་གི་རྡོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་དག་ཡིན་ལ། ང་ཚོས་ཧྲའི་ཕོར་པ་དེར་རེག་ཙ་ན་ང་ཚོར་ཚ་རེག་གི་ཚོར་ཤེས་སྐྱེས་པ་ནི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་དག་ལ་བརྟེན་ནས་བྱུང་བ་ཡིན། དེ་དག་གི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཆགས་ཚུལ་དེ་གང་ཡིན་ནམ།

དཔེ་རིས་ ༡༩ སྟེང་ནུ་གསོས་སྲོག་ཆགས་ནང་གི་རྡོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་གི་གོ་རིམ་དང་ཆགས་ཚུལ་བསྟན་ཡོད། གོང་དུ་གསལ་བའི་སྣེ་ལེན་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ ༨༣༨ པོ་དག་ཇི་བཞིན་དུ། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་ཕྲེང་བ་ཞིག་དཔེ་རིས་ནང་བསྟན་པའི་རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་བཀོད་པ་དེའི་ངོ་བོར་ལྡེབ་རྩིག་བྱས་ཏེ་ཇི་ལྟར་གྲུབ་བམ་ཞེ་ན། སྤྱིར་ན་ང་ཚོས་ཁ་ཚོན་ཚོད་པར་མི་ཤེས་ལ། འོན་ཀྱང་ཚོད་རྩིས་ཀྱི་རིག་པ་གང་ལེགས་ཤིག་ཡོད་པ་ནི་འདི་ལྟར་ཏེ། ཇི་ལྟར་ཆུའི་རྫ་རྫས་ཁེར་གཟུགས་སོ་སོའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་གཉིས་ཀ་དག་གིས་ཆུའི་རང་གཤིས་ငེས་གཏན་བྱེད་པ་བཞིན་དུ། དྲི་བ་དེའི་ལན་ཡང་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་དག་གི་རྫས་འགྱུར་གཤིས་ཀའི་གསེབ་ཏུ་ལྷག་ཡོད། ག་གེ་མོ་ཞིག་གི་རྫས་འགྱུར་གྱི་གཤིས་ཀ་དེ་དེ་ཉིད་ཀྱི་བཟོ་དབྱིབས་དང་། ཐོངས་ཚད། སློག་ཁུར་བཅས་ཀྱིས་གཏན་ཁེལ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད།

འདིར་ང་ཚོས་སྤྲི་རྫས་གང་ལས་གྲུབ་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཉི་ཤུ་པོ་དེར་ཉེ་འཁྲིས་ནས་བལྟ་བར་བྱའོ། །དཔེ་རིས་ ༡༧ ནང་གི་བཀོད་སྒྲིག་དེ་དག་ལ་རྟོག་དཔྱོད་གྱིས་ལ། དེ་དག་ལ་ཡིད་གཟབ་སློས་དབྱེ་ཞིབ་གྱིས་དང་། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་འདི་དག་གི་ཁྲོད་དུ་ཁྱེད་ཀྱིས་འདྲ་ས་དང་མི་འདྲ་ས་དེ་འདྲ་གང་ཡང་མཐོང་གི་འདུག་གམ། དེ་ཀུན་ལ་རུ་ཚོགས་གསུམ་(H, COO⁻, and NH3⁺)ལ་བཅིངས་པའི་ཁར་སྡོན་གྱི་རྟ་ལ་ཕྲན་གཞི་ལ་བཟུང་བའི་ཐུན་མོང་གི་རྫས་ཆ་ཞིག་ཡོད་པར་དོ་སྣང་བྱེད་དགོས། དེ་བཞིན་དུ་ཁར་སྡོན་གྱི་འཆིང་སྡོར་བཞི་པ་དེ་གང་དང་སྦྲེལ་སའི་ཆ་ཤས་དེ་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀུན་ལ་ཐ་དད་ཡིན་པ་དེར་ཡང་དོ་སྣང་བྱེད་དགོས། (རང་གི་བྲིན་པའི་སློགས་རིམ་ཁྲོད་ཀྱི་སློག་རྟུལ་གྱི་དབང་གིས་ཁར་སྡོན་ཞིག་གིས་རྫས་འགྱུར་གྱི་མཉམ་སྦྱོད་འཆིང་སྡོར་བཞི་འགྲུབ་པ་འདིར་དྲན་དགོས།)

Amino acids get their name from the fact that they all have an **amino group** (refer back to Figure 14 to see common chemical functional groups), NH_2, and they all have a **carboxylic acid functional group**, COOH. These functional groups, like all atoms, take on different personalities in different environments. Typically, in the chemical conditions in an environment that allows life, that is, an environment based on water, the NH_2 group gains a proton and so becomes positively charged NH_3^+, and the COOH group loses a proton to become negatively charged COO^-.

The so-called R-groups or variable groups of the amino acids are shown in Figure 17. It's the character of the R-groups that makes each amino acid unique. Notice that some R-groups are bigger than others (how would this affect folding of a protein?); notice that some R-groups are charged and others aren't. The amino acids are typically categorized based on their charge, which is related to their affinity for water, the solvent of life. Remember that charged groups tend to interact more with water because of the charged nature of water itself and the universal law that negative charges tend to attract and interact with positive ones, while like charges tend to repel each other.

The fancy technical terms for the different categories of amino acids are given in the figure. **Polar** and **non-polar** we've seen before when discussing the personality of water. Polar amino acids are more likely hydrophilic (attracted to water). Non-polar amino acids are more likely hydrophobic (repelled by water).

Because life happens in water—cells live in a bath of water—you can begin to imagine how different amino acids with different personalities in different orders can make for very differently-shaped proteins. Different proteins have evolved different jobs and locations based on their shape and charge. Consider the location and function of our temperature-sensitive receptor and look at its folded-up 3-dimensional shape again in Figure 19. This protein sits in the cell's outer membrane. The spaces on either side of the membrane are full of water, so the amino acids of the protein that live within the membrane tend to be hydrophobic and those outside the membrane tend to be hydrophilic. Also, you can see this protein structure has a hole in it that opens or closes depending, as it turns out, on the temperature this protein is exposed to (for example, a hot cup full of chai). So, the amino acids in this protein have evolved in such a way to allow this temperature-sensitive receptor to change its shape and pass on its 'hot' message. Structure and function are intimately related.

YOUR TURN:
THOUGHT EXPERIMENT

How might a change in temperature result in a change in protein receptor shape so that it "opens up" and passes on the message that it is experiencing heat?

Create an experiment to test your theory and create a diagram to show the change you are proposing and how it occurs.

ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀུན་ལ་NH_2 རིགས་ཅན་གྱི་ཨ་མི་ནོའི་ཚོགས་ཤིག་(ཐུན་མོང་གི་རྫས་འགྱུར་ལས་སྡེ་རྡུ་ཚོགས་་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་ཆེད་སྟར་གྱི་དཔེ་རིས་ ༡༩ པར་ཕྱིར་བལྟ་བྱེད་ཆོག)དང་། COOH རིགས་ཅན་གྱི་ཁར་སྦོ་ཨོག་སི་ལིག་སྐྱུར་རྫས་ལས་སྡེ་རྡུ་ཚོགས་ཤིག་ཡོད་པ་དེའི་དབང་གིས་དེ་དག་ལ་མིང་འདོགས་དེ་ལྟར་ཐོབ་པ་རེད། རྩལ་ཕྲན་ཀུན་དང་འདྲ་བར་ལས་སྡེ་རྡུ་ཚོགས་་འདི་རྣམས་ཁོར་ཡུག་མི་འདྲ་བ་སོ་སོའི་ནང་དེ་དག་གི་རང་གཤིས་ཀྱང་མི་འདྲ་བར་འགྱུར་གྱི་ཡོད། འཆར་ཅན་གྱི་དབང་དུ་བྱས་ན། ཚེ་སྲོག་ལ་གཞོགས་འདེགས་བྱེད་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆ་རྐྱེན་ཚང་བའི་ཁོར་ཡུག་སྟེ། ལྷན་ཆུ་རྟེན་གཞིར་བཟུང་བའི་ཁོར་ཡུག་ཅིག་གི་ཁྲོད་དུ་ནི་NH_2 རིགས་ཅན་གྱི་རྡུ་ཚོགས་དེར་སྨྱུས་རྩལ་ཞིག་གསར་དུ་ཐོབ་པའི་སྒོ་ནས་དེ་ཉིད་གློག་ཁུར་ཕོ་འཆང་བའི་NH_3^+ ཞིག་ཏུ་འགྱུར་ལ། ཁོར་ཡུག་གཅིག་མཚུངས་དེ་གའི་ནང་COOH རིགས་ཅན་གྱི་རྡུ་ཚོགས་དེའི་སྟར་ཡོད་སྨྱུས་རྩལ་སྟོར་བའི་སྒོ་ནས་གློག་ཁུར་མོ་འཆང་བའི་COO^- ཞིག་ཏུ་འགྱུར་བ་ཡིན།

ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་འགྱུར་རྐྱེན་རྡུ་ཚོགས་སམ། 'ཨར་'རྡུ་ཚོགས་སུ་འབོད་པ་དེ་དག་དཔེ་རིས་ ༡༧ པའི་ནང་གསལ་ཡོད། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རེ་རེ་ནས་ཐུན་མོང་མིན་པ་ཞིག་ཏུ་གྲུབ་པ་ནི་ཨར་ཚོགས་དེ་དག་གི་ཁྱད་ནུས་ཀྱིས་སྒྲུབ་པ་ཞིག་ཡིན། འདིར་དོ་སྣང་བྱེད་དགོས་པ་ཞིག་ལ། ཨར་ཚོགས་འགའ་ཞིག་གཞན་དག་ལས་ཆེ་བ་ཡོད་པ་(འདིས་སྤྲི་རྫས་ཤིག་གི་ལྟེབ་རྩིག་ཐེབས་ཚུལ་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་ཇི་འདྲ་བཟོའམ།)དང་། ཡང་ཨར་ཚོགས་འགའ་ཞིག་ལ་གློག་ཁུར་ཡོད་ལ་འགའ་ཞིག་ལ་མེད་པ་རེད། རྒྱུན་དུ་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་དག་རང་གི་གློག་ཁུར་གྱི་རྣམ་པ་གཞི་ལ་བྱས་ནས་ནང་གསེས་སྡེ་ཚན་སོ་སོར་ཕྱེ་བ་ཡིན་ལ། འདི་ནི་ཚེ་སྲོག་གི་བཞུ་བྱེད་དེ། ཆུ་དང་སྐྱུར་རྫས་དེ་དག་དབར་གྱི་འབྲེས་གཤིས་ཀྱི་རང་བཞིན་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པ་ཡིན། གློག་ཁུར་འཆང་བའི་རྡུ་ཚོགས་རྣམས་ཆུ་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་གཤིས་སྐྱེན་པོ་ཡོད་པ་དེ་ཆུ་ཉིད་གློག་ཁུར་འཆང་བའི་རང་བཞིན་ཅན་དུ་གྲུབ་པ་དེའི་དབང་གིས་དང་། གཞན་ཡང་མོ་ཁུར་འཆང་བའི་དངོས་པོ་རྣམས་ཕོ་ཁུར་འཆང་བ་དག་ལ་འབྱུར་ཞིང་དེ་དག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་གཤིས་ལྡན་ལ། གློག་ཁུར་མཚུངས་པ་རྣམས་ཕན་ཚུན་ཕྱིར་འབུད་པའི་གཤིས་ཀ་ཡོད་པའི་ཡོངས་ཁྱབ་ཀྱི་ངེས་ལུགས་དེའི་དབང་གིས་ཡིན་པ་དེ་འདིར་དྲན་དགོས།

ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་སྡེ་ཚན་མི་འདྲ་བ་སོ་སོར་བཏགས་པའི་བརྡ་ཆད་བཀྲག་པོ་དེ་རྣམས་དཔེ་རིས་ནང་གསལ་ཡོད། སྣེ་གཤིས་ལྡན་པ་དང་སྣེ་གཤིས་མི་ལྡན་པ་ཞེས་པ་གོང་དུ་ཆུའི་རང་གཤིས་གྲོས་སྡུར་བྱེད་པའི་སྐབས་ང་ཚོས་མཐོང་ཡོད་ལ། སྣེ་གཤིས་ལྡན་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དག་ནི་ཆུ་འགྲོགས་རང་བཞིན་(ཆུ་ལ་འབྱུར་བའི་གཤིས་ཀ་ཅན་)ཡིན་ཤས་ཆེ་ལ། སྣེ་གཤིས་མི་ལྡན་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དག་ནི་ཆུ་བཟློག་རང་བཞིན་(ཆུས་ཕྱིར་འབུད་པའི་རང་བཞིན་)ཡིན་ཤས་ཆེ་བ་ཡོད།

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས།

བསམ་བློའི་བརྟག་དཔྱད།

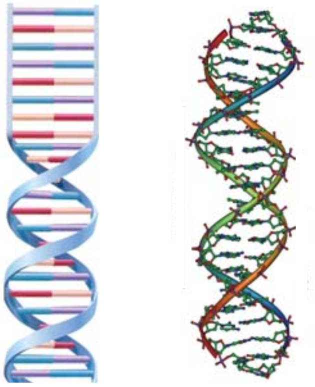
དྲོད་ཚད་ལ་འགྱུར་བ་ཞིག་བྱུང་བ་དེས་སྤྲི་རྫས་སྣེ་ལེན་པའི་ཆགས་དབྱིབས་ལ་འགྱུར་བ་ཞིག་དྲངས་པ་ལ་བརྟེན་ནས། མཐར་སྣེ་ལེན་པ་དེ་ཁ་ཕྱེས་པས"ཚ་དྲོད་སྒྲོང་གིན་པའི་"བརྡ་འཕྲིན་དེ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ཐུབ་པ་དེ་འདྲ་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ཆོག་པ་ཡིན་ནམ།

ཁྱེད་ཀྱིས་རང་གི་ཚོད་བཟུང་གང་ཡིན་པ་དེ་བདེན་མིན་བཤེར་བའི་བརྟག་དཔྱད་ཀྱི་རིམ་པ་ཞིག་གཟོས། དཔེ་རིས་ཤིག་བྲིས་ཏེ་དེར་རང་གིས་སྔོན་དཔག་བྱས་པའི་འགྱུར་བ་དེ་གསལ་སྟོན་བྱས་ནས། འགྱུར་བ་དེ་ཇི་ལྟར་བྱུང་བའི་ཚུལ་གསལ་སྟོན་གྱིས།

ཚེ་སྲོག་ནི་ཆུའི་ནང་འགྲུབ་པའི་(ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་ཆུའི་ཕུང་པོ་ཞིག་གི་ནང་འཚོ་སྡོད་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད་)རྒྱུ་མཚན་གྱིས། འཁོད་རིམ་ཐ་དད་ཅན་གྱི་རང་གཤིས་ཐ་དད་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་ཆགས་དབྱིབས་ཐ་དད་ཅན་གྱི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་ཇི་ལྟར་སྐྲིད་སྐྲུན་བྱས་ཆོག་པའི་ཕྱོགས་ལ་ཁྱོད་ཀྱིས་མནོ་བསམ་འཁོར་བའི་འགོ་རྩོམ་འོས་པ་ཡིན། རང་རང་གི་ཆགས་དབྱིབས་དང་གློག་ཁུར་གཞི་ལ་བྱས་པའི་བྱེད་ལས་དང་གནས་ཚུལ་ཐ་དད་པའི་སྤྲི་རྫས་དེ་འདྲ་རིམ་གྱིས་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཡོད། ང་ཚོའི་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དེའི་ཆགས་དབྱིབས་དང་གནས་ཚུལ་སྐོར་ལ་བསམ་གཞིག་ཅིག་གྱིས་ལ། དེ་ནས་དཔེ་རིས་ ༡༨ ནང་གསལ་བའི་དེའི་ཕྱོགས་ངོས་གསུམ་ཅན་གྱི་ལྟེབ་རྩིག་ཐེབས་པའི་ཆགས་དབྱིབས་དེར་ལྟོས། སྤྲི་རྫས་འདི་ཕྲ་ཕྲུང་གི་ཕྱིའི་སྐྱི་པགས་ནང་འཁོད་ཡོད་ཅིང་། དེའི་གཞོགས་གཉིས་ཀའི་བར་སྟོང་ས་ཁུལ་དུ་ཆུས་ཁེངས་ནས་ཡོད། དེར་བརྟེན་སྐྱི་པགས་དེའི་ནང་ཕྱོགས་སུ་འཁོད་པའི་སྤྲི་རྫས་དེའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་ཆུ་བཟློག་རང་བཞིན་ཡིན་ཤས་ཆེ་བ་དང་། དེའི་ཕྱི་ཕྱོགས་སུ་འཁོད་པ་རྣམས་ཆུ་འགྲོགས་རང་བཞིན་ཡིན་ཤས་ཆེ། དེར་མ་ཟད། སྤྲི་རྫས་འདིའི་བཀོད་པར་ཨི་ཁུང་ཞིག་ཡོད་པ་དང་། ཨི་ཁུང་དེ་(དཔེར་ན། ཏ་བླུགས་པའི་ཕོར་པ་ཚ་པོ་ཞིག་ལ་)རང་གང་ལ་ཁ་བསྟན་པའི་སྤྲི་རྫས་འདིའི་དྲོད་ཚད་ལ་གཞིགས་ཏེ་འབྱེ་འཛུམ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པའང་ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་ཐུབ། དེས་ན་སྤྲི་རྫས་འདིའི་ནང་གི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་དག་རིམ་གྱིས་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་སྟེ་མཐར་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་འདི་ལ་རང་གི་བཟོ་དབྱིབས་བརྗེས་སུ་བཙུགས་སྟེ"ཚ་པོ"ཡིན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་དེ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ཐུབ་པ་འབྱུང་གིན་ཡོད། དེ་ལྟར་ན་ཆགས་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་གཉིས་ཕན་ཚུན་དམ་པོར་འབྲེལ་ནས་གནས་ཡོད།

NUCLEIC ACID: ANOTHER COMPLEX LIFE-MOLECULE

The most famous example of structure's intimate relationship to function—the DNA helix— was discovered by James Watson and Francis Crick in 1953. Their discovery was awarded the Nobel Prize in Physiology and Medicine. More than that, their discovery of this structure launched the field of molecular genetics. As we've discussed, it is the DNA that encodes the amino acids and the proteins we discussed above.



The *structure* of DNA helped explain *functionally* how organisms and their cells can maintain these codes and information in a stable format *and* how they could pass it on to the next generation. It is really a quite simple and beautiful molecule. DNA (deoxyribonucleic acid) forms a double-helix made of two chemically complementary strands.

Thus, from either strand, a person (or a cell) knows exactly what the other strand will be, because each type of nucleotide only pairs with one other (A only pairs with T and C with G). This is important for making an exact copy of the cell's DNA each time that cell divides (Figure 20). Similarly in 'decoding' the DNA to eventually make protein any of the four nucleotides always encodes the same complementary nucleotide; this makes for a very effective way of transferring information, as well (Figure 21). So, structure and function are linked.

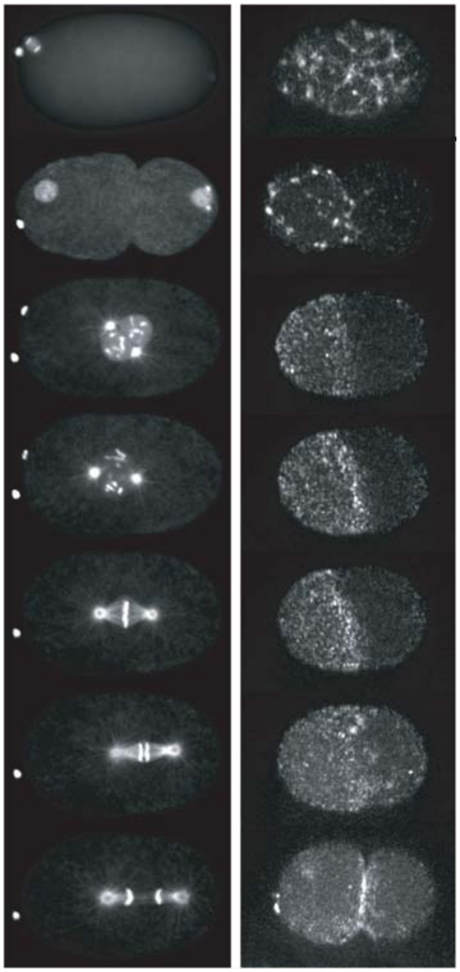


Figure 20: A cell undergoing division. In the picture on the left, the DNA is stained and can be seen as the bright spots; on the right, cell structural components are stained and you can see two cells forming from one.

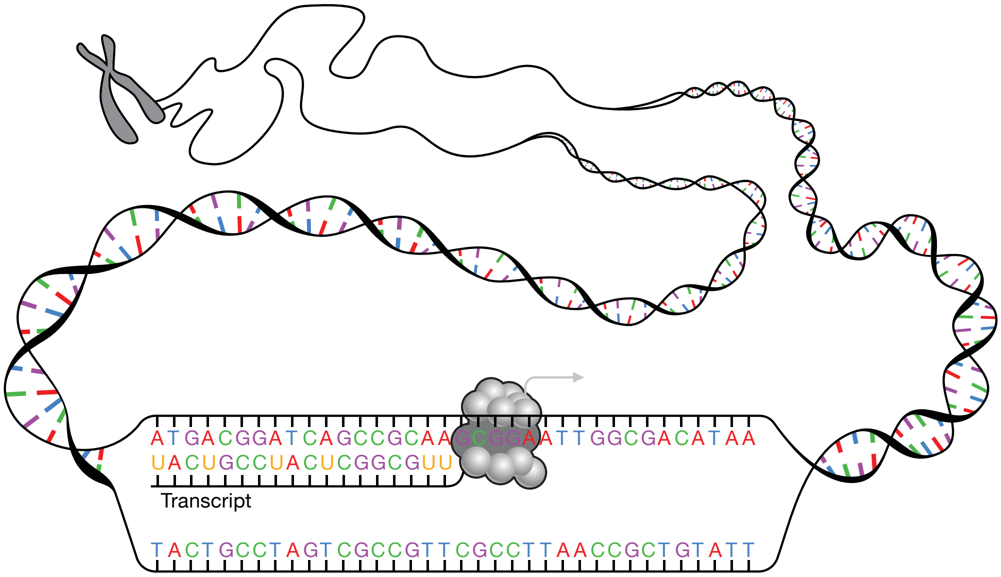
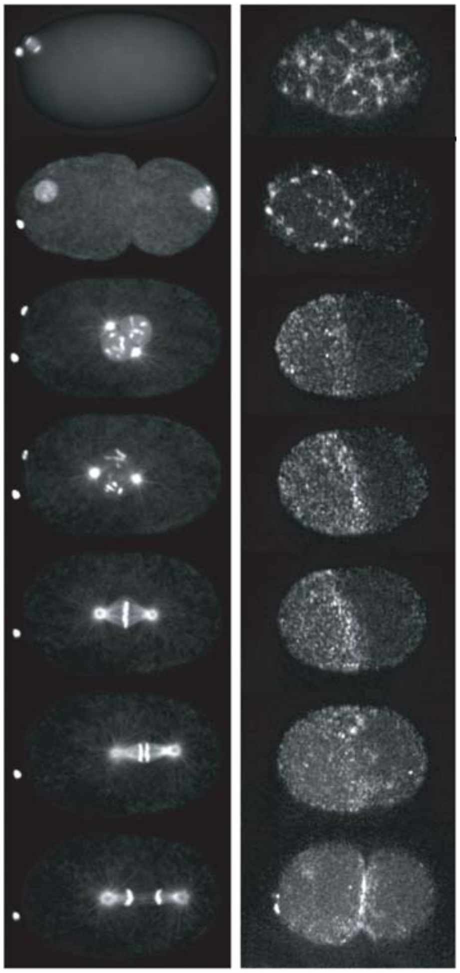


Figure 21: DNA Transcription. DNA undergoing transcription, the process by which the DNA is decoded to create an RNA transcript and eventually proteins. Don't worry - we'll cover the details of transcription later in this chapter.

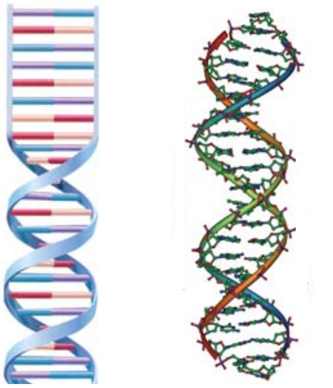
ཉིང་སྐྱར། རྣོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྟུལ་གྱི་རྣམ་པ་གཞན་ཞིག



དཔེ་རིས། ༡༠ ཁ་འགྱེ་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག གཡོན་ཕྱོགས་ཀྱི་དཔེ་རིས་ནང་ཉི་ཨེན་ཨེ་རྣམས་ལ་ཚོན་རྩི་བྱུགས་ཡོད་པས། དེ་རྣམས་འོད་འཚེར་བའི་ཐིག་ཕུང་གི་ངོ་བོར་གསལ་ལ། གཡས་ཕྱོགས་ཀྱི་དཔེ་རིས་ནང་ཕྲ་ཕུང་གི་བཀོད་པའི་ཆ་ཤས་རྣམས་ལ་ཚོན་རྩི་བྱུགས་ཡོད་ལ། ཁྱོད་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་ནས་གཉིས་སུ་ཁ་འགྱེ་བཞིན་པ་མཐོང་ཐུབ།

ཆགས་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་དབང་ཡོད་པའི་འབྲེལ་བ་དམ་པོའི་དཔེར་མཚོན་གྲགས་ཆེ་ཤོས་(འཁྱུད་གཟུགས་ཅན་གྱི་ཌི་ཨེན་ཨེ་)དེ་ཕྱི་ལོ་ ༡༥༥༣ ལོར་ཇེམ་སི་ཝ་ཊ་སོན་དང་ཕ྄ྲི་རན་སིསི་ཀིརིག་ལ་ཐོག་མར་རྙེད་ཡོད། ཁོང་གཉིས་ཀྱི་གསར་རྙེད་དེ་ལ་ལུས་ཁམས་རིག་པ་དང་གསོ་དཔྱད་རིག་པའི་སྡེ་ཚན་གྱི་ནོ་བེལ་གཟེངས་རྟགས་ཐུལ་ཡོད་པ་རེད། དེ་ལས་ལྷག་པ་ཞིག་ལ། ཆགས་དབྱིབས་འདི་རྙེད་རྟོགས་བྱུང་བ་དེས་འདུས་རྟུལ་རིམ་པའི་རིགས་རྫས་སྐོར་གྱི་རིག་པའི་སྡེ་ཚན་ཞིག་ཟུར་དུ་འགོ་ཚུགས་ཡོད། ང་ཚོས་གོང་དུ་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་ལས་གསལ་བ་བཞིན། སྔར་བགྲོ་གླེང་བྱས་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དང་སྤྲི་རྫས་དེ་དག་བཟ་སྒྲིག་བྱེད་མཁན་དེ་ཌི་ཨེན་ཨེ་རེད།

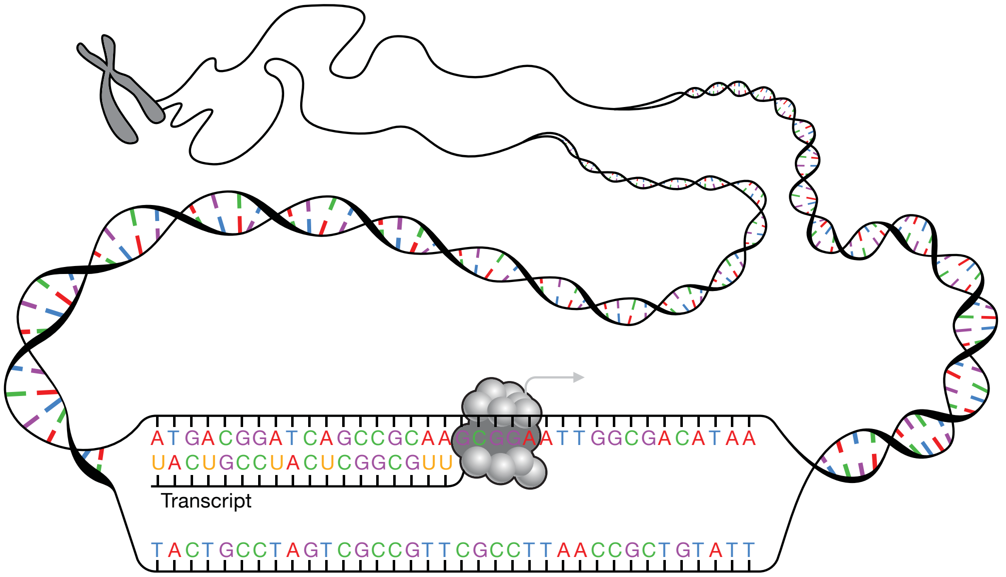
ལས་ཚུལ་གྱི་ཆ་ནས་སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་དང་དེ་དག་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་གསར་བཟ་དང་གནས་ཚུལ་འདི་དག་ཚུལ་སྒྲིག་



བརྟན་པོའི་སྒོས་ཇི་ལྟར་ཉར་སྲུང་བྱས་ཚོག་པ་དང་། དེ་དག་རྒྱུད་རབས་རྗེས་མ་རྣམས་སུ་ཇི་ལྟར་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱས་ཚོག་པའི་གནད་དོན་རྟོགས་པར་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆགས་དབྱིབས་རྙེད་རྟོགས་བྱུང་བ་དེས་རམ་འདེགས་བྱས་ཡོད། དེ་ཡང་ཌི་ཨེན་ཨེ་ནི་དངོས་གནས་ལ་མཛེས་ཤིང་ སྟུག་ལ་སླ་བསྟུས་རང་བཞིན་གྱི་འདུས་རྟུལ་ཞིག་ཡིན། ཌི་ཨེན་ཨེ་(འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མདངར་ཉིང་སྐྱུར་རྫས་)དེ་ནི་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆ་ནས་ཕན་ཚུན་གཉོགས་འདེགས་བྱེད་པའི་ཞག་མ་གཉིས་ལས་གྲུབ་པའི་གཉིས་འཁྱུད་སྐས་ཀྱི་བཀོད་པའི་ཚུལ་དུ་གྲུབ་ཡོད།

དེས་ན། ཞག་མ་གཉིས་ལས་གང་ཡང་རུང་བ་གཅིག་ངོས་ཟིན་པའི་གང་ཟག་(གམ་ཡང་ན་ཕྲ་ཕུང་)དེས་ཞག་མ་གཞན་དེའི་སྟེང་གི་ཁྱད་ཆོས་རྣམས་ངོས་འཛིན་བྱ་ཐུབ་སྟེ། ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་ཡི་རིགས་རེ་རེས་རིགས་ངེས་བཟུང་གཞན་གཅིག་ཁོ་ན་དང་ཆ་སྒྲིག་(ཨེ་ཡིས་ཊི་ཁོ་ན་དང་ཆ་བསྒྲིག་ལ། སི་ཡིས་ཇི་དང་ཆ་བསྒྲིག་)བྱེད་པའི་ཕྱིར། འདི་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་ཁ་འགྱེ་ཐེངས་རེར་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ངོ་བཤུས་གཅིག་མཚུངས་རེ་བཟོ་བའི་བྱེད་རིམ་ནང་གལ་གནད་ཆགས་ཀྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༡༠) དེ་བཞིན་དུ་ནམ་ཞིག་ན་སྤྲི་རྫས་བསྐྲུན་པའི་ཆེད་དུ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་བཀྲོལ་བའི་ཚེ། ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་བཞི་པོ་ནས་གང་ཡང་རུང་བ་དེས་རྟག་དུ་རང་གི་ཆ་སྒྲིག་གི་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་དེ་ག་རང་བཟ་སྒྲིག་བྱེད་ལ། ཚུལ་འདིས་གནས་ཚུལ་རྣམས་ཧ་ཅང་འཐུས་ཚང་སྒོས་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་པར་ཁག་ཐེག་ཀྱང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།(དཔེ་རིས། ༡༡) དེས་ན་ཆགས་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་གཉིས་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་ནས་གནས་ཡོད།

དེར་མ་ཟད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གཉིས་འཁྱུད་སྐས་ཀྱི་བཀོད་པའི་ཆགས་དབྱིབས་དེ་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆ་ནས་བརྟན་ལ་མཉེན་པ



དཔེ་རིས། ༡༡ ཌི་ཨེན་ཨེ་ཕབ་ལེན་གྱི་གོ་རིམ། འདིས་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་བཞིན་པའི་ཌི་ཨེན་ཨེ་མཚོན་ལ། བྱེད་རིམ་འདིའི་ནང་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཕབ་ཚིག་བསྐྲུན་པ་དང་མཐར་སྤྲི་རྫས་བསྐྲུན་པའི་ཆེད་དུ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་འགྲོལ་གྱིན་ཡོད། ང་ཚོས་ལེའུ་འདིའི་གཤམ་དུ་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་འདི་རྒྱས་པར་འགྲེལ་བརྗོད་བྱ་རྒྱུ་ཡིན་པས། ཁྱེད་རྣམས་བློ་ཚབས་བྱེད་མི་དགོས།

In addition, the structure of DNA, the double-helix, is relatively chemically stable and flexible, which is very important for the amount and value of the information it holds. We have billions of nucleotides in each cell's nucleus, which would take up a lot of space if the structure of DNA didn't allow it to condense to an enormous extent.

DNA STRUCTURE

Let's walk slowly through the structure of DNA. It has only four major variable components; amazingly, these four variable components combine in different ways to encode all of life in all organisms. Later in the primer, we will discuss how the DNA code is read and converted into protein. DNA's four major variable components are called nucleotides (Figure 22)—in shorthand we'll call them guanine (G), adenine (A), cytosine (C), and thymine (T). In DNA, each of these molecules is also bound to a sugar called deoxyribose and a highly charged set of molecules called a phosphate group. As you can see, like most of life's molecules, nucleotides are composed of the elements carbon, nitrogen, oxygen, phosphorous, and hydrogen in many different arrangements, but all based on carbon (carbon is so ubiquitous in life-molecules that the C for carbon is often simply omitted from the molecule; wherever you see bonds adjoined, but no element shown, carbon (C) is implied).

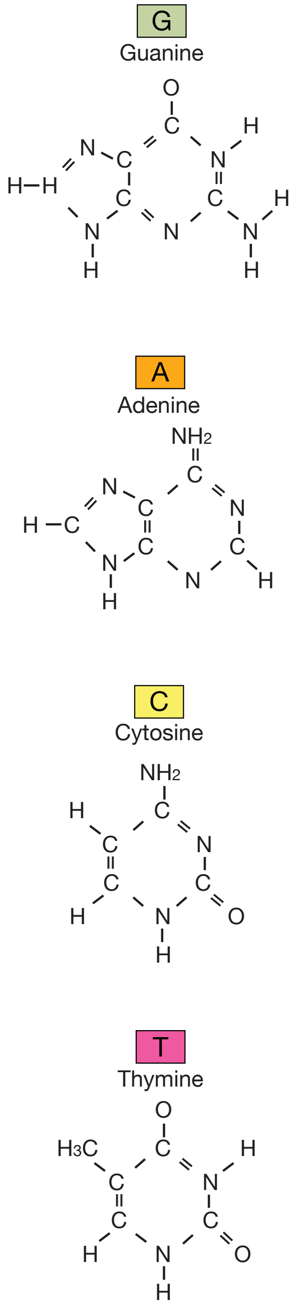


Figure 22: Nucleotides, the variable components of DNA.

LIPIDS AND CARBOHYDRATES

Don't forget, this story is all about reaching for a cup of hot chai – and what happens when our skin (an organ) touches that cup and how that translates into a response from our cells (keratinocytes, etc) and their molecules (proteins like temperature-sensitive receptors and keratin, for example, and nucleic acids like the DNA sequences that encode those two proteins).

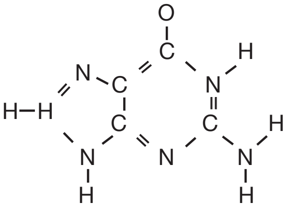
The last two complex life-molecules we'll discuss are carbohydrates and lipids (fats). As a way to think about them, let's consider *why*, from a biological and evolutionary standpoint, we're reaching for that chai in the first place. Well, it tastes good, yes. But what we think tastes good is also a product of evolution and our biological needs. Taste has evolved so that *we like things we need*.

Do you see the evolutionary logic? In order to function, our bodies need energy. So, it makes sense that our physiological systems would have evolved to like things that are rich in energy. Carbohydrates and fats are very energy-rich molecules, and one of

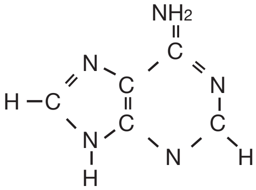
YOUR TURN:
THOUGHT EXPERIMENT

Our bodies need energy to perform even the most mundane function. Can you think of foods you enjoy? Do they contain sugars or fat? Why do you think we like these foods?

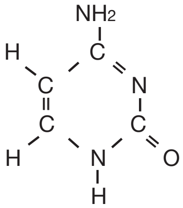
G
Guanine



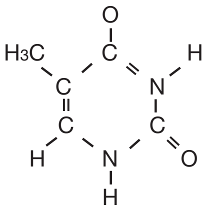
A
Adenine



C
Cytosine



T
Thymine



དཔེ་རིས། ༡༡ ཉིང་རྫུལ་གྲུབ་ཆ་སྟེ། ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་འགྱུར་སྐྱིན་པའི་གྲུབ་ཆ་རྣམས།

> ཁྱོད་ཀྱི་རིས་མོས།
> བསམ་བློའི་བརྟག་དཔྱད།
>
> བྱེད་ལས་ཧ་ཅང་ཕལ་པ་ཞིག་བསྒྲུབ་པར་ཡང་ང་ཚོའི་ལུས་པོར་ནུས་ཤུགས་ཀྱི་དགོས་མཁོ་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱིས་རང་གི་དགའ་མོས་བྱེད་སའི་ལྟོ་ཆས་རྣམས་ལ་བསམ་བློ་འཁོར་ཐུབ་བམ། དེ་དག་གི་ནང་ཀ་རའམ། ཡང་ན་ཚིལ་ཞག་འདུག་གམ། ང་ཚོས་ལྟོ་ཆས་དེ་རྣམས་ལ་ཅིའི་ཕྱིར་དགའ་མོས་བྱེད་པའི་ཕྱོགས་ལ་ཁྱོད་ཀྱིས་རྒྱུ་མཚན་ཤོད་ཐུབ་བམ།

ཞིག་ཡིན་ལ། འདི་ནི་དེས་བཟུང་བའི་གནས་ཚུལ་གྱི་འཕོར་ཚད་དང་གནད་འགག་ལ་གཞིགས་ཏེ་ཧ་ཅང་གལ་ཆེན་ཡིན། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ཉིང་རྫུལ་གྱི་ནང་དུ་ཉིང་རྫུལ་གྲུབ་ཆ་ཐེར་འབུམ་མང་པོ་ཡོད་པས། གལ་ཏེ་ཊི་ཨེན་ཨེའི་ཆགས་དབྱིབས་ལ་བརྟེན་ནས་དེ་ཀུན་ཆེས་ཧ་ཅང་བསྐུངས་ཐུབ་པ་དེ་འདྲ་མ་བྱུང་ཚེ་གྲུབ་ཆ་འདི་ཀུན་གྱིས་ཡུལ་གྱི་གོ་ས་ཧ་ཅང་ཆེན་པོ་འགེབས་པར་འགྱུར་ངེས་ཡིན།

ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆགས་དབྱིབས།

ད་ང་ཚོས་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆགས་དབྱིབས་རྒྱུད་དུ་ག་ལེར་བགྲོད་པར་བྱའོ། །དེར་འགྱུར་སྐྱིན་པའི་གྲུབ་ཆ་གཙོ་བོ་བཞི་ཡོད་ཅིང་། ངོ་མཚར་ཆེ་བ་ཞིག་ལ། འགྱུར་སྐྱིན་པའི་གྲུབ་ཆ་བཞི་པོ་འདི་དག་རྣམ་པ་སྣ་ཚོགས་སྒྲོས་ཕན་ཚུན་འདྲེས་སྦྱེབ་བྱས་པ་བརྒྱུད་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ཚེ་སྲོག་གི་བརྙ་སྲིག་བྱེད་པའི་ཁག་ཐེག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སློབ་དེབ་འདིའི་གཞུམ་དུ་ང་ཚོས་ཊི་ཨེན་ཨེ་འདི་ཉིད་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་བརྡ་བགྲོལ་བྱས་ཏེ་སྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་ཁ་སྒྱུར་བྱེད་ཚུལ་སྐོར་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་འགྱུར་སྐྱིན་པའི་གྲུབ་ཆ་བཞི་པོ་དེ་དག་ལ་ ཉིང་རྫུལ་གྲུབ་ཆ་ཟེར་བ་ཡིན་ལ། (དཔེ་རིས། ༡༡) དེ་དག་རེ་རེ་ལ་སྐྱང་བྲིས་སུ་ང་ཚོས་གྲུཨ་ནིན། (ཇི) ཨེ་ཌེ་ནིན། (ཨེ) སཡི་ཊོ་སིན། (སི) ཐཡེ་མིན། (ཊི)ཞེས་བརྗོད། ཊི་ཨེན་ཨེའི་ནང་འདུས་རྫུལ་དེ་དག་རེ་རེ་ནས་འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མངར་དུ་འབོད་པའི་ཀ་རའི་དངོས་པོ་ཞིག་དང་། འོད་ཀྱི་མ་མའི་རྡུ་ཚོགས་སུ་འབོད་པའི་གློག་ཁུར་ཧ་ཅང་ཆེ་བའི་འདུས་རྫུལ་གྱི་སྡེམ་ཆག་བཅས་པ་གཉིས་ལ་འཁྲིལ་ནས་འཁོད་ཡོད། ཁྱེད་ཀྱིས་མཐོང་ཐུབ་པ་བཞིན། ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྫུལ་ཕལ་མོ་ཆེ་དང་འདྲ་བར་ཉིང་རྫུལ་གྲུབ་ཆ་འདི་དག་ཁར་སྦོན། ནཡི་ཊྲོ་ཛེན། འཚོ་རླུང་། འོད་ཀྱི་མ་མ་དང་སྡེབ་སྦྲིག་སྣ་ཚོགས་སུ་གྲུབ་པའི་ཡང་རླུང་བཅས་ཀྱི་རྩ་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་གྲུབ་པ་ཡིན། འོན་ཀྱང་དེ་ཀུན་ཁར་སྦོན་གཞི་མར་བྱས་པ་ཞེ་ཅིག་ཡིན། (དེ་ལ་ཁར་སྦོན་ནི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྫུལ་གྱི་རིགས་ཀུན་ལ་ཡོངས་ཁྱབ་ཏུ་གོར་མ་ཆག་པར་གནས་པས། སྐབས་དུ་མར་འདུས་རྫུལ་ཞིག་མཚོན་པར་བྱེད་པ་ན་ཁར་སྦོན་གྱི་མཚོན་ཡིག་C དེ་ཉིད་དངོས་སུ་མ་བྲིས་པར་འཇོག་པའང་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་ཁྱོད་ཀྱིས་གང་དུ་འཆིང་སྦྱོར་གྱི་འབྲེལ་བ་མཐོང་ཡང་དེར་རྩ་རྫས་མི་གསལ་བ་དེ་ནི་ཁར་སྦོན་ཡིན་དགོས་ལ། དེ་ནི་C དོན་གྱིས་གོ་བའི་དབང་དུ་བྱས་པ་ལགས།)

ལི་ཚིལ་དང་ཁར་སྦྲོ་མངར་བཙུད།

འདིར་ཁྱོད་ཀྱིས་བརྗེད་མི་རུང་བ་ཞིག་ཡོད་པ་ནི། སྐབས་འདིའི་བཤད་པ་ཀུན་ཇ་ཚ་བོ་བླུགས་པའི་ཐོར་པར་སློབ་ཚུལ་སྐོར་ཡིན་པ་དང་། ང་ཚོའི་(དབང་པོ་)པགས་པས་དེར་རེག་པ་ན་ཅིར་འགྱུར་སྐོར་དང་། དེ་ཉིད་ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་(ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ལ་སོགས་པ་)དང་དེ་དག་གི་འདུས་རྫུལ་(དཔེར་ན་ཀེ་ར་ཊེན་སྤྲི་དཀར་དང་ འདིར་ཁྱོད་ཀྱིས་བརྗེད་མི་རུང་བ་ཞིག་ཡོད་པ་ནི། སྐབས་འདིའི་བཤད་པ་ཀུན་ཇ་ཚ་བོ་བླུགས་པའི་ཐོར་པར་སློབ་ཚུལ་སྐོར་ཡིན་པ་དང་། ང་ཚོའི་(དབང་པོ་)པགས་པས་དེར་རེག་པ་ན་ཅིར་འགྱུར་སྐོར་དང་། དེ་ཉིད་ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་(ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ལ་སོགས་པ་)དང་དེ་དག་གི་འདུས་རྫུལ་(དཔེར་ན་ཀེ་ར་ཊེན་སྤྲི་དཀར་དང་དྲོད་ཚོར་སྐྱིན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ལྟ་བུའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་དང་། སྤྲི་རྫས་དེ་གཉིས་པོ་བརྙ་སྲིག་བྱེད་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་འཁོད་རིམ་ལྟ་བུའི་ཉིང་སྐྱུར་རྣམས་)ཀྱི་ངོས་ནས་འཐོན་པའི་ཡ་ལན་ཞིག་གི་རྣམ་པར་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་འཕོ་ཚུལ་སྐོར་ཡིན་པ་དེ་ཡིན།

ང་ཚོས་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུའི་རྟོག་འཛིང་ཅན་གྱི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྫུལ་མཐའ་མ་གཉིས་པོ་ནི་ཁར་སྦྲོ་མངར་བཙུད་དང་ལི་ཚིལ་(ཞག་)བཅས་ཡིན། དེ་དག་གི་སྐོར་མཐོ་བསམ་གཏོང་རྒྱུའི་ཕྱོགས་སུ་ང་ཚོས་ཚུལ་འདི་ལྟར་བསམ་གཞིག་བྱ་སྟེ། ལུས་ཀྱི་གནས་སྟངས་དང་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བལྟ་ཕྱོགས་ནས་ང་ཚོས་ཐོག་དང་པོར་ཇ་དེར་ཅིའི་ཕྱིར་སློབ་པར་བྱེད་དམ། དེ་ནི་དེར་ཡོད་པའི་མྱང་བྱའི་རོ་ལེགས་པོ་ཡོད་པས་ཡིན་ཚོག འོན་ཀྱང་ང་ཚོས་གང་ཞིག་ལ་རོ་ལེགས་པོ་ཡོད་པར་བལྟས་དེ་ཉིད་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ཐོན་སྐྱེད་དང་ལུས་ཕུང་གི་དགོས་མཁོ་ཞིག་ཀྱང་རེད། ང་ཚོར་གང་ཞིག་མཁོ་བ་དེར་ང་ཚོས་དགའ་མོས་བྱེད་ལ། དེའི་དབང་གིས་རོ་དེ་ཉིད་ཀྱང་རིམ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད། དྲོད་ཚོར་སྐྱིན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ལྟ་བུའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་དང་། སྤྲི་རྫས་དེ་གཉིས་པོ་བརྙ་སྲིག་བྱེད་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་འཁོད་རིམ་ལྟ་བུའི་ཉིང་སྐྱུར་རྣམས་)ཀྱི་ངོས་ནས་འཐོན་པའི་ཡ་ལན་ཞིག་གི་རྣམ་པར་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་འཕོ་ཚུལ་སྐོར་ཡིན་པ་དེ་ཡིན།

ཁྱོད་ཀྱིས་འཕེལ་འགྱུར་ཕྱོགས་ཀྱི་སྦྱུབ་བྱེད་ཀྱི་རིགས་ལམ་དེ་མཐོང་གི་འདུག་གམ། བྱེད་ལས་བསྒྲུབ་པར་ང་ཚོའི་ལུས་པོར་ནུས་པ་དགོས། དེས་ན་ང་ཚོའི་ལུས་ཁམས་ཀྱི་མ་ལག་རྣམས་ནུས་པས་གཏམས་པའི་དངོས་རྫས་ལ་དགའ་མོས་བྱེད་

the most important things our bodies need is energy. Chai is full of potential energy in at least two forms: sugar (a carbohydrate, an example of which, deoxyribose, we just mentioned within the DNA structure) and milk (which contains both sugar and fat). People use the term sugar in everyday life for the white stuff we add to chai and cakes. To a scientist this white stuff is a particular type of sugar called **glucose** (Figure 23).

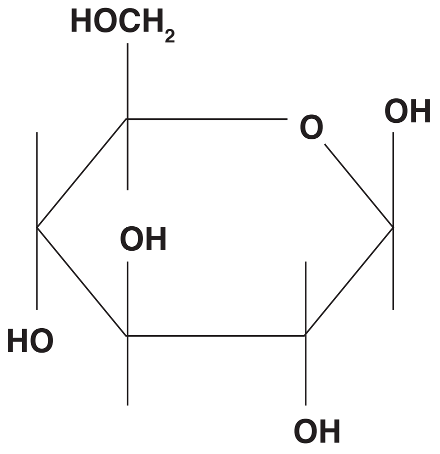


Figure 23: Glucose

Carbohydrates, as you can guess from their name, are composed of a foundational structure or backbone of carbon atoms (the 'carbo' in the name) attached to different numbers of hydrogen and oxygen atoms ('hydrate' means water, and remember water is made of hydrogen and oxygen—H_2O). Carbohydrates' hydrogen and oxygen atoms form two main functional groups (refer back to functional group Figure 14) attached to their carbon backbones: hydroxyl groups (-OH) and carbonyl groups (C=O). Figure 24 shows examples of carbohydrates. The different classes of sugars get their names from how many carbons they have (Figure 24).

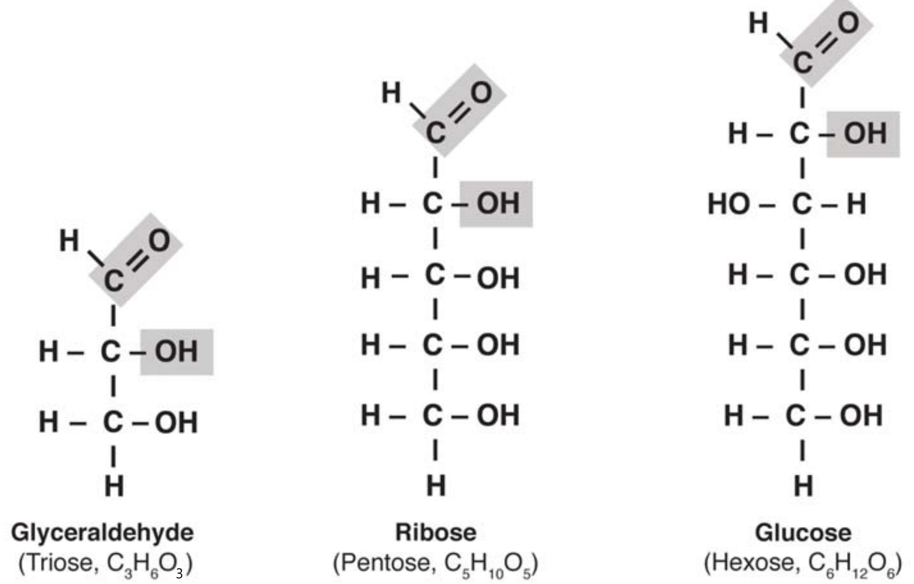


Figure 24: Different types of carbohydrates. Their names are in bold; underneath the name, the class of sugar and chemical structure are given.

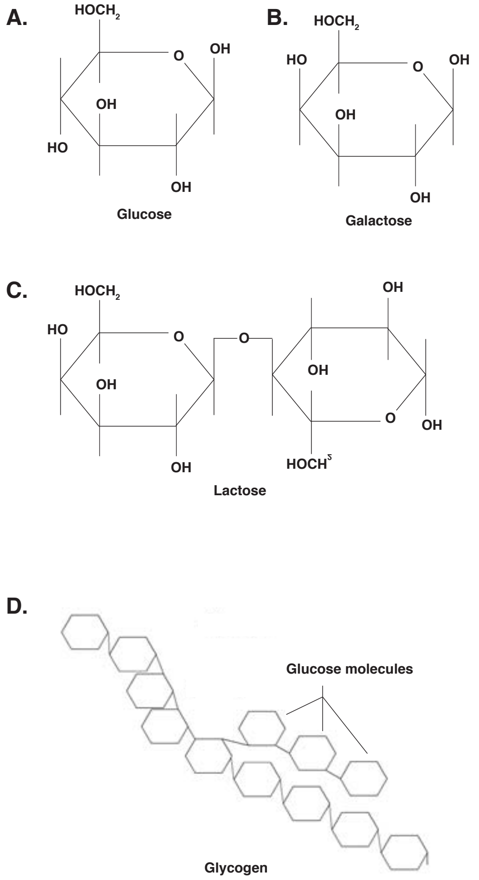
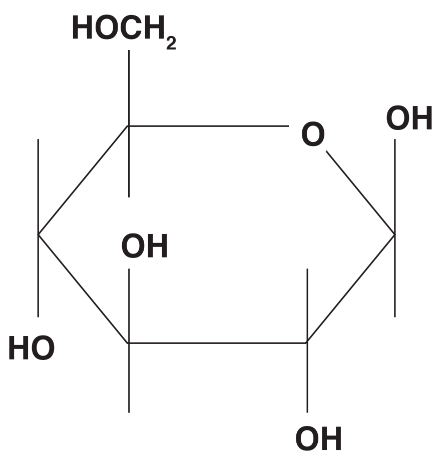


Figure 25: Sugars in ring form. Glucose (A) and galactose (B) are monomers. Lactose (C) is a polymer consisting of glucose and galactose. D is glycogen, which consists of many strings of glucose molecules.

In water, sugars tend to form rings (Figure 25A + B) instead of linear molecules. So, sugars can vary in the number of carbons they have and the number and type of functional groups attached to those carbons. In addition, sugars can vary in another way—how many single sugar molecules link with others to form long polymers (chains) of sugar.

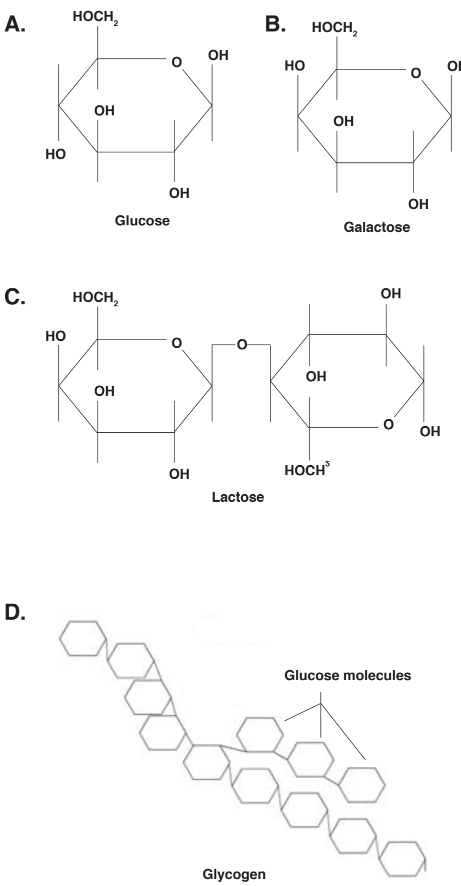
In Figure 25, you can see two different types of single sugar molecules (known generi-



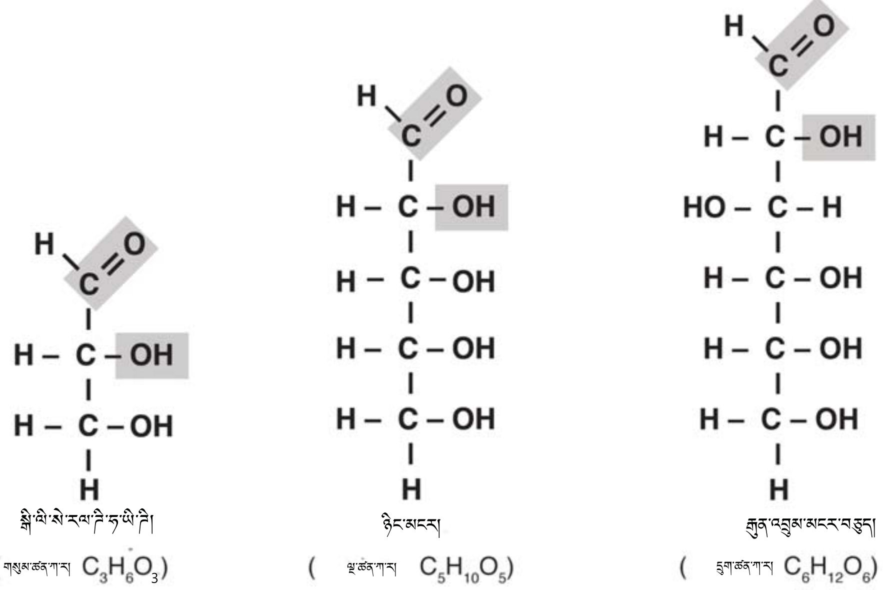
དཔེ་རིས། ༢༣ རྒྱུན་འབྱམ་མངར་བཅུད།

པའི་ཕྱོགས་སུ་འཕེལ་འགྱུར་ཐེབས་པར་གནས་ལུགས་ཤིག་ལྡན་ཡོད། ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་དང་ལི་ཆིལ་རྣམས་ནུས་པས་ཕྱུག་པའི་འདུས་རྫས་ཡིན་ཞིང་། ང་ཚོའི་ལུས་པོར་མཁོ་བའི་དངོས་རྫས་གལ་ཆེ་ཤོས་ཤིག་ནི་ནུས་པ་ཡིན། ཇ་ནི་ཞུང་མཐར་ཡང་སད་ཉུང་གི་ནུས་པའི་རྣམ་པ་གཉིས་ཀྱིས་ཁེངས་ནས་ཡོད་དེ། ཀ་ར་(ང་ཚོས་གོང་ཙམ་དུ་གླེང་བ་བཞིན་ཊེ་ཨེན་ཨེའི་ཆགས་ཚུལ་གྱི་ནང་ཚུད་པའི་འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མངར་རྫས་ཀྱི་མཚན་གཞིར་གྱུར་པའི་ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་ལྔ་བུ་) དང་འོ་མ་(འདི་ལ་ཀ་ར་དང་ལི་ཆིལ་གཉིས་ཀ་ཚང་ཡོད་)གཉིས་ཡིན། མི་རྣམས་ཀྱིས་ཉིན་རེའི་འཚོ་བའི་ནང་ཀ་ར་ཞེས་པ་ཇ་དང་སྔོང་ང་བག་ལེབ་ནང་བླུགས་རྒྱུའི་མངར་རྫས་དཀར་པོ་དེ་ལ་གོ་ཡང་། ཚན་རིག་པ་ཞིག་གི་ངོར་དེ་འདྲའི་མངར་རྫས་དཀར་པོ་དེ་རྒྱུན་འབྱམ་མངར་རྫས་(དཔེ་རིས། ༢༣)ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཀ་རའི་བྱེ་བྲག་ཅིག་རེད།

ཁྱོད་ཀྱིས་དེ་དག་གི་ཐ་སྙད་རང་ནས་ཚོད་དཔག་བྱེད་ཐུབ་པ་བཞིན། ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་ནི་ཡང་རླུང་དང་འཚོ་རླུང་གི་རྫུལ་ཕྲན་གྱི་('hydrate' ཞེས་པ་ཆུ་ལ་ཟེར་ཞིང་། ཆུ་ནི་ཡང་རླུང་དང་འཚོ་རླུང་གཉིས་ལས་གྲུབ་པ་སྟེ། H_2Oཡིན་པ་འདིར་དྲན་དགོས།)གྲངས་ཚད་སྣ་ཚོགས་དང་ལྡན་དུ་བསྡེབས་པའི་ཁར་སྦྱོན་རྫུལ་ཕྲན་གྱི་(མིང་གི་ཆ་ལ་ 'carbo' ཞེས་པ་གསལ་ཡོད།)གཞི་རྟེན་ནམ་རྨང་གཞིའི་སྒྲོམ་ཞིག་ལས་གྲུབ་པ་ཞིག་རེད། ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་ནང་གི་ཡང་རླུང་དང་འཚོ་རླུང་གི་རྫུལ་ཕྲན་དེ་དག་གིས་ཁར་སྦྱོན་གཞི་རྟེན་བྱས་པའི་ལས་སྟེ་རུ་ཚོགས་"གཙོ་བོ་གཉིས་(དཔེ་རིས་ ༢༤ ནུ་གསལ་བའི་ལས་སྟེ་རུ་ཚོགས་"ལ་ཕྱིར་ལྟ་ཕྱོས་)འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད་དེ། ཧའི་ཌྲོག་སིལ་རུ་ཚོགས་(^-OH) དང་ཁར་སྦྱོ་ནིལ་རུ་ཚོགས་($C=O$) བཅས་ཡིན། དཔེ་རིས་ ༢༤ ནང་ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་ཀྱི་མཚན་གཞི་ཁ་ཤས་སྟོན་གྱི་ཡོད། ཀ་རའི་སྤྱི་ཚན་མི་འདྲ་བ་དེ་དག་གི་སོ་སོའི་མིང་ནི་སོ་སོར་ཚང་བའི་ཁར་སྦྱོན་གྱི་གྲངས་ཀ་ལ་གཞིགས་ནས་བཏགས་པ་ཞིག་རེད། (དཔེ་རིས། ༢༤)



དཔེ་རིས། ༢༥ སྙོར་གཟུགས་སུ་གྲུབ་པའི་ཀ་ར། རྒྱུན་འབྱམ་མངར་བཅུད་(A) དང་གླེ་ལེག་ཊོསི་(B)གཉིས་རྒྱུད་གཟུགས་ཀྱི་རིགས་རེད། འོ་མའི་མངར་རྫས་ (C) དེ་ཆ་མང་བསགས་རྫུལ་གྱི་རིགས་ཡིན་ཞིང་། དེར་རྒྱུན་འབྱམ་མངར་བཅུད་དང་གླེ་ལེག་ཊོསི་གཉིས་འདུས་ཡོད། D རུ་གསལ་བ་དེ་གླེ་ལ་ཡི་ཁོ་ཇེན་ཡིན་ལ། དེར་རྒྱུན་འབྱམ་མངར་བཅུད་འདུས་རྫུལ་གྱི་ཞག་མ་མང་པོ་འདུས་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༢༤ ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་ཀྱི་རིགས་སྣ་ཚོགས། དེ་དག་སོ་སོའི་མིང་རྣམས་ནག་ཤས་ཆེ་བའི་ཡིག་གཟུགས་ནང་བྲིས་ཡོད་ལ། མིང་དེ་དག་གི་འོག་ཏུ་ཀ་རའི་སྤྱི་ཚན་དང་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆགས་ཚུལ་བཅས་བཀོད་ཡོད།

ཆུའི་ནང་ཀ་ར་དེ་དག་འདུས་རྫས་ནར་མོར་གྲུབ་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ་སྙོར་གཟུགས་ཀྱི་ངོ་བོར་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༢༥ཀ དང་ ཁ) དེར་བརྟེན་ཀ་ར་སོ་སོར་ཡོད་པའི་ཁར་སྦྱོན་གྱི་གྲངས་མི་གཅིག་ལ། དེ་བཞིན་དུ་སོ་སོའི་ཁར་སྦྱོན་དེ་དག་གང་ལ་བསྡེབས་སའི་ལས་མཚུངས་རུ་ཁག་གི་རིགས་དང་གྲངས་ཀྱང་གཅིག་པ་མིན། དེར་མ་ཟད། ཀ་ར་རྣམས་ནང་ཕན་ཚུན་མི་འདྲ་སའི་གཞི་གཞན་ཞིག་ནི། ཀ་རའི་ཆ་མང་བསགས་རྫུལ་(ཕྲེང་བ་)རིང་ཐུང་ཅི་རིགས་པ་འགྲུབ་པ་ལ་ཀ་རའི་འདུས་རྫུལ་ཁེར་གཟུགས་དེ་འདྲ་ཇི་ཙམ་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་མིན་གྱི་གནས་སྟངས་དེ་རེད།

དཔེ་རིས་ ༢༥ ནང་ཁྱོད་ཀྱིས་(རིགས་ཀྱི་ཆ་ནས་རྒྱུད་གཟུགས་སུ་འབོད་པའི་)ཀ་རའི་འདུས་རྫུལ་ཁེར་གཟུགས་ཀྱི་རིགས་

cally as monomers), glucose (25A) and galactose (25B). Now these two monomers can also connect together in different numbers to form polymers, as is the case with another sugar. Figure 25 also shows another sugar called lactose (25C), a polymer made by connecting one galactose monomer and one glucose monomer.

Sugars hold and store energy. Your body's cells take the sugar you eat and store it as glycogen (Figure 25D) in long chains of glucoses attached to glucoses. When needed, the glycogen is broken down. Like most of the actual 'work' in your body, this building up and breaking down of glycogen is carried out by enzymes. For example, in this case, to build glycogen, glucoses are attached to each other with a chemical bond by an enzyme. This enzyme has a specific shape that exactly binds two molecules of glucose, bringing them very close together, and greatly speeding up the formation of a bond between them. Another different enzyme also speeds up a similar process, but in reverse, when the glycogen is broken down again into individual glucose monomers.

CATALYSTS

Enzymes are a type of **catalyst**. In science, catalysts do three things: they bring chemical reactants (called **substrates**) together in one physical location (called the **active site**, because this is where the action occurs); they greatly increase the **rate of the reaction**; and finally, enzymes remain chemically unchanged after they catalyze a reaction and, thus, are immediately ready to catalyze another reaction (Figure 26). It is hard to imagine how fast enzymes speed up reactions; a typical enzyme increases the rate of reactions 1,000,000 times, and one single enzyme molecule can perform around 30,000 reactions per second.

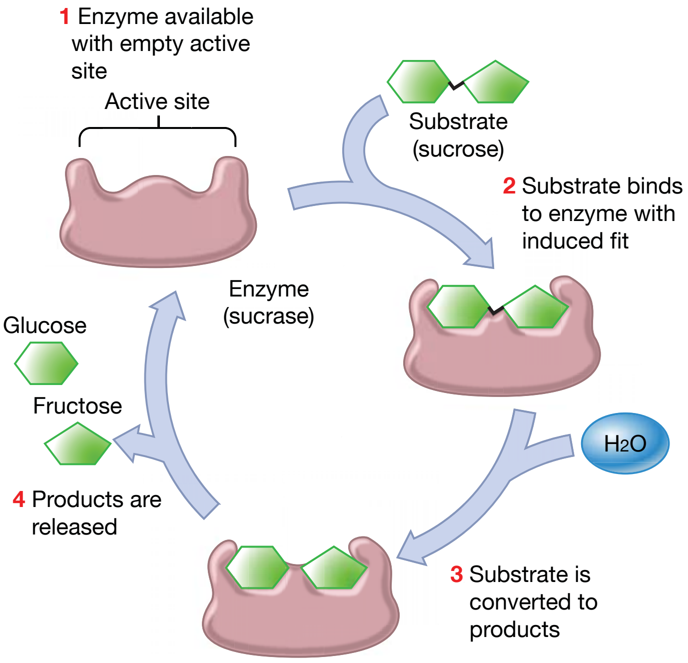
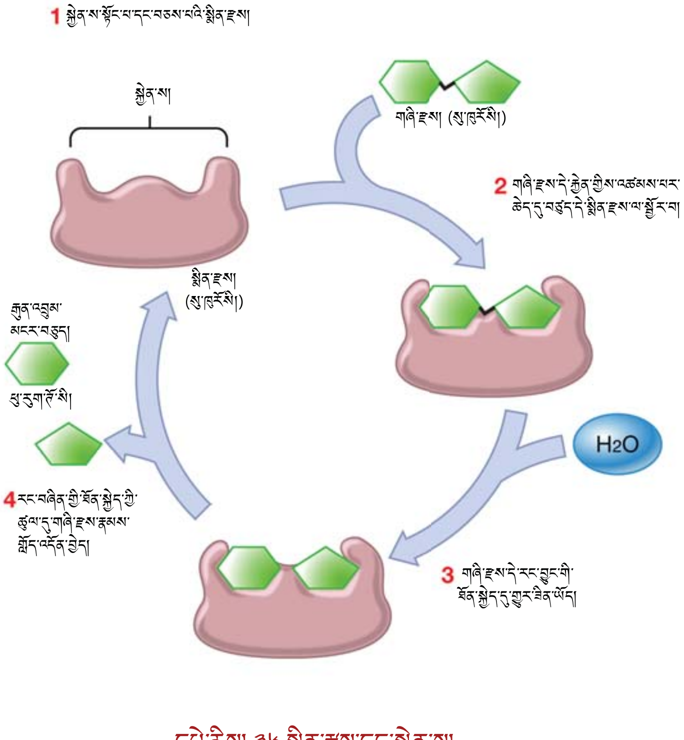


Figure 26: Enzymes & Active sites.

མི་འདྲ་བ་གཉིས་མཚོན་སྟེ། རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་(༣༥ཀ)དང་སྒྲེ་ལེག་ཏོ་སི་(༣༥ཁ) གཉིས་རེད། རྒྱུང་གཟུགས་འདི་གཉིས་པོ་ཡང་ཕན་ཚུན་གྲངས་སྣ་ཚོགས་སུ་བསྡེབས་པ་ལས་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དཔེར་ན་ཀ་རའི་བཀོད་པ་གཞན་ཞིག་ལྟ་བུ་རེད། དཔེ་རིས་ ༣༥ ནང་འོ་མའི་མངར་རྫས་(༣༥ ག)ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཀ་ར་གཞན་ཞིག་བསྟན་ཡོད་ལ། དེ་ནི་སྒྲེ་ལེག་ཏོ་སི་ཡི་རྒྱུང་གཟུགས་གཅིག་དང་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ཀྱི་རྒྱུང་གཟུགས་གཅིག་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་བ་ལས་གྲུབ་པ་ཞིག་རེད།

ཀ་རས་ནུས་པ་གཟུང་བ་དང་ཉར་གསོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་པོའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཟོས་པའི་ཀ་ར་ལེན་ཞིང་། དེ་ཉིད་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ལ་བསྡེབས་ནས་ཡོད་པའི་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ཀྱི་ཕྲེང་བ་རིང་པོའི་རྒྱུད་དུ་སྒྲེ་ལའི་ཀོ་ཛེན་གྱི་རྣམ་པར་ཉར་གསོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ནམ་མཁོ་བའི་ཚེ་སྒྲེ་ལའི་ཀོ་ཛེན་དེ་དུམ་པོར་གཏོག་གི་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་པོའི་ནང་གི་“བྱ་བ”ཕལ་མོ་ཆེ་དང་འདྲ་བར་སྒྲེ་ལའི་ཀོ་ཛེན་བསྐྲུན་པ་དང་གཏོག་པའི་བྱེད་རིམ་འདི་ཡང་སྨིན་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་བསྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དཔེར་ན། གནས་སྟངས་འདིར་ཆ་བཞག་ན། སྒྲེ་ལའི་ཀོ་ཛེན་བསྐྲུན་པའི་ཆེད་དུ་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཆིང་སྦྱོར་ཞིག་གི་སྒོ་ནས་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ནང་ཕན་ཚུན་བསྡེབས་པའི་བྱ་བ་དེ་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་བསྒྲུབས་པ་རེད། སྨིན་རྫས་འདི་ལ་ཡོད་པའི་བཟོ་དབྱིབས་ཁྱད་པར་བ་ཞིག་གིས་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ཀྱི་འདུས་རྟུལ་གཉིས་ཧ་ཅང་ཉེ་བར་བསྡུས་ཏེ་དེ་གཉིས་བར་འཆིང་སྦྱོར་རན་འཚམས་ཤིག་བསྒྲུབ་པར་མ་ཟད། འཆིང་བ་འགྲུབ་པའི་ལས་རིམ་དེ་ཧ་ཅང་གི་མགྱོགས་སུ་གཏོང་གི་ཡོད། སྨིན་རྫས་ཀྱི་རིགས་གཞན་ཞིག་གིས་དེ་དང་ཆ་འདྲ་བའི་བྱེད་རིམ་ཞིག་བསྐྱལ་གྱི་ཡོད་ཀྱང་། དེ་ནི་ལུགས་ལྡོག་ཏུ་བསྐྱལ་བས་སྒྲེ་ལའི་ཀོ་ཛེན་དེ་ཉིད་དུམ་བུར་བཅག་སྟེ་རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཙུད་ཀྱི་ཆ་གཅིག་བསགས་རྟུལ་ཁེར་གཟུགས་ཀྱི་རྣམ་པར་ཕྱིར་ཕབ་ཀྱི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༣༦ སྨིན་རྫས་དང་སྐྱིན་ས།

སྐྱལ་རྫས།

སྨིན་རྫས་རྣམས་ནི་སྐྱལ་རྫས་ཀྱི་རིགས་ཤིག་ཡིན་ལ། ཚན་རིག་གི་ནང་སྐྱལ་རྫས་དག་གིས་བྱ་བ་གསུམ་བསྒྲུབ་སྟེ། དེ་རྣམས་ཀྱིས་(གཞི་རྫས་སུ་འབོད་པའི་)རྫས་འགྱུར་གྱི་འཐབ་སྦྱོར་སློང་རྫས་དག་(བྱེད་ལས་འབབ་ས་ཡིན་པས་སྐྱིན་ས་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་)གནས་གཞི་གཅིག་ཏུ་འདྲེན་པ་དང་། འཐབ་སྦྱོར་གྱི་འགྲོས་ཚད་ཧ་ཅང་སྤེལ་བ་དང་། མཐར། འགྲོས་སྟོན་བསྐྱལ་ཟིན་པའི་རྗེས་སུ་སྨིན་རྫས་རྣམས་རྫས་ཚའི་ཆ་ནས་ངོ་བོ་མ་གྱུར་བར་གནས་པས། དེ་མ་ཐག་ཏུ་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཐབ་སྦྱོར་གཞན་ཞིག་ལ་འགྲོས་སྟོན་སྤེལ་བར་གྲ་སྒྲིག་ཨང་གསར་ཡིན་པ་བཅས་རེད། (དཔེ་རིས། ༣༦) སྨིན་རྫས་དག་གིས་འཐབ་སྦྱོར་རྣམས་ཇི་ཙམ་ཞིག་གིས་མགྱོགས་སུ་གཏོང་བའི་ཚད་གཞི་བློ་ལ་འཆར་དཀའ་སྟེ། རྒྱུན་ལྡན་གྱི་སྨིན་རྫས་ཤིག་གིས་འཐབ་སྦྱོར་གྱི་འགྲོས་ཚད་ལྡབ་འགྱུར་ས་ཡ་གཅིག་གིས་མགྱོགས་པར་སྤེལ་བ་དང་། སྨིན་རྫས་ཀྱི་འདུས་རྟུལ་རྐྱང་པ་ཞིག་གིས་སྐར་ཆ་རེ་ལ་འཐབ་སྦྱོར་སུམ་ཁྲི་ཡས་མས་རྩོམ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད།

LIPIDS AND MEMBRANES

Lipids (also called fatty acids or fats, Figure 27) also store energy; they store even more energy than sugars. How do fats and sugars store energy? What does it mean to 'store energy'? These questions bring us back to our discussion of basic chemistry—chemical bonds and electrons. Energy is actually stored in chemical bonds (Figure 27).

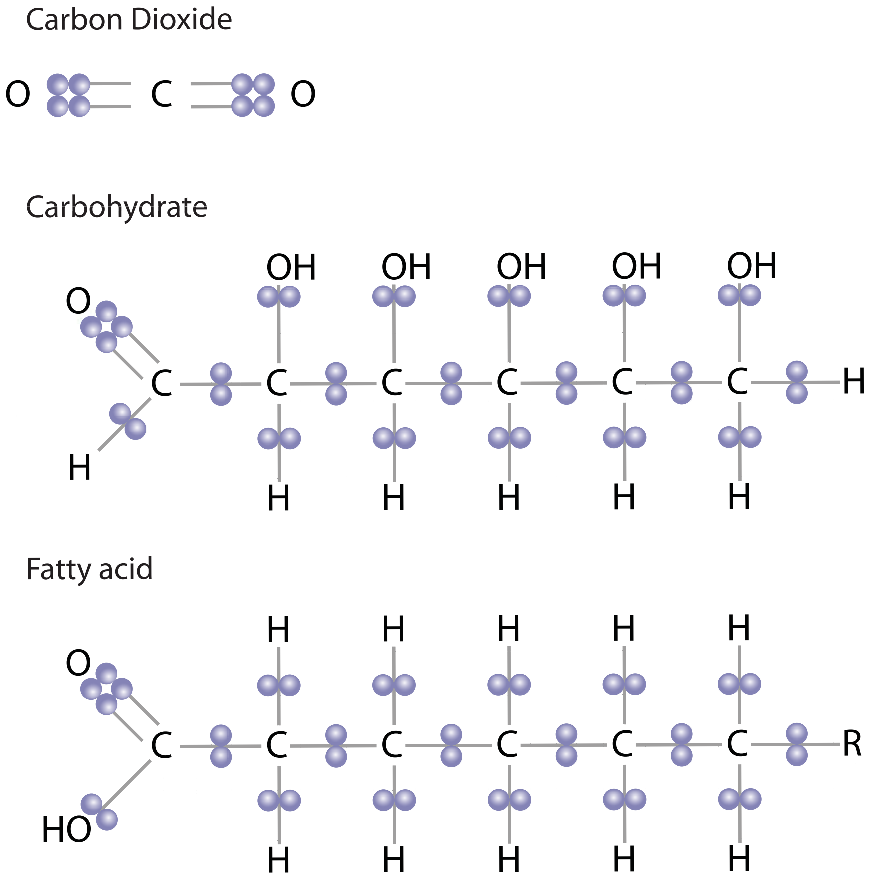
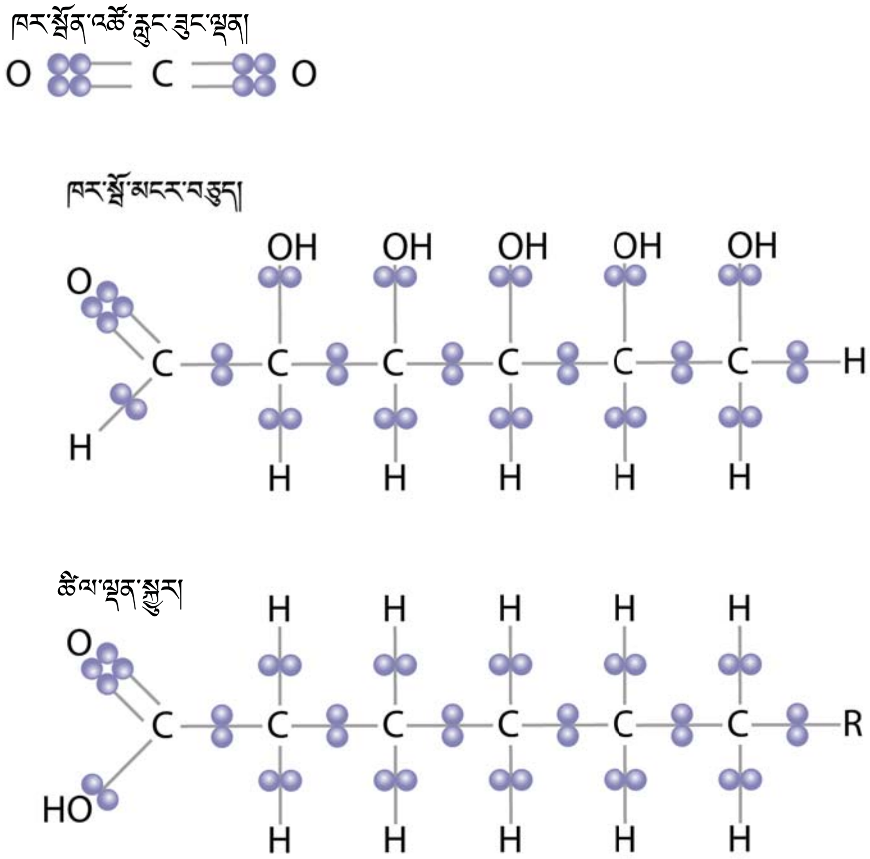


Figure 27: In these three molecules, C, H, and O stand for carbon, hydrogen, and oxygen, respectively. R represents any combination of elements that can be added to the fatty acid (Fatty acids are a major component of fats). The balls represent the electrons in the valence shells of the atoms that combine to form a covalent chemical bond. The relative electronegativity of the two atoms participating in a chemical bond determines the electrons' position between those two atoms. You can see that oxygen is very electronegative, much more so than carbon, meaning it pulls all the electrons in its bonds with carbon toward itself. However, within the bonds between two carbons or between carbon and hydrogen, the electrons are 'in the middle'; they are shared equally. The better a bond shares electrons, the more potential energy it has; that is, the closer the shared electrons of a bond are to the middle, the more energy they have. As you can see, sugars and fats have a lot of C-C bonds and a lot of C-H bonds, so they have a lot of electrons 'in the middle' and, therefore, they have a lot of potential energy that can be used to the advantage of the cell. When those bonds are broken they release their energy and some of it is captured by the cell and used to drive other chemical reactions.

ལི་ཕིལ་དང་སྐྱི་མོ།

ལི་ཕིལ་(འདི་ལ་ཚིལ་ལྡན་སྐྱུར་རམ། ཚིལ་ཞག་ཅེས་ཀྱང་འབོད། དཔེ་རིས་ ༡༧)གྱིས་ཀྱང་ནུས་པ་ཉར་གཟུང་བྱེད་ལ། འདིས་ཀ་ར་ལས་ཀྱང་ནུས་པ་མང་བ་ཉར་གཟུང་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། ཚིལ་ཞག་དང་ཀ་རས་ནུས་པ་ཇི་ལྟར་ཉར་གཟུང་བྱེད་དམ། ནུས་པ་ཉར་གཟུང་བྱེད་པ་ཞེས་པའི་གོ་དོན་གང་ཡིན་ནམ། དྲི་བ་འདི་རྣམས་ཀྱིས་ང་ཚོ་སླར་ཡང་གཞི་རྩའི་རྫས་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་སྟེ། རྫས་འགྱུར་འཆིང་བ་དང་གློག་རྡུལ་སྐོར་གྱི་བགྲོ་གླེང་ལ་ཕྱིར་ལོག་ཏུ་འཁྲིད་ཀྱི་ཡོད། དོན་དངོས་སུ་ནུས་པ་ནི་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཆིང་བའི་ཁྲོད་དུ་ཉར་གཟུང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༡༧)



དཔེ་རིས། ༡༧ འདུས་རྡུལ་གྱི་རྣམ་པ་འདི་གསུམ་གྱི་ནང་ C དང་ H དང་ O ནི་རིམ་པ་བཞིན་ཁར་སྣོན། ཡང་རླུང་། འཚོ་རླུང་བཅས་ལ་གོ་བ་ཡིན། R གྱིས་ཚིལ་ཞག་སྐྱུར་རྫས་ལ་བསྟན་དུ་ཉུང་བའི་རྩ་རྡུལ་གྱི་ཚོགས་ཅི་རིགས་པ་མཚོན་གྱིན་ཡོད། (ཚིལ་ཞག་སྐྱུར་རྫས་ནི་ཚིལ་གྱི་གྲུབ་ཆ་གཙོ་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན།) རིལ་བུ་དེ་རྣམས་ཀྱིས་རྫས་འགྱུར་གྱི་མཉམ་བགོད་འཆིང་བ་སྒྲུབ་པར་བྱེད་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གྱི་ཁྲིན་པའི་སྐོགས་རིམ་ནང་གི་གློག་རྡུལ་རྣམས་མཚོན་པ་རེད། རྫས་འགྱུར་གྱི་འཆིང་བ་ཞིག་འགྲུབ་པར་མཉམ་ཞུགས་བྱེད་པའི་རྡུལ་ཕྲན་གཉིས་ཀྱི་ལྟོས་འཛོག་གི་གློག་གི་མོ་གཤིས་དེས་རྡུལ་ཕྲན་གཉིས་པོ་དེའི་བར་ན་གློག་རྡུལ་གྱི་གནས་ས་གཏན་འབེབས་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་བ་བཞིན་ཁར་སྣོན་ལ་ལྟོས་ཏེ་འཚོ་རླུང་གི་གློག་གི་མོ་གཤིས་ཏ་ཅང་མཐོ་བ་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་འཚོ་རླུང་གིས་ཁར་སྣོན་དང་མཉམ་དུ་ཞུགས་པའི་འཆིང་སྦྱོར་གྱི་སྐབས་གློག་རྡུལ་ཐམས་ཅད་རང་ཕྱོགས་སུ་འགུག་གི་ཡོད། འོན་ཀྱང་། ཁར་སྣོན་གཉིས་བར་གྱི་འཆིང་བའམ། ཁར་སྣོན་དང་ཡང་རླུང་བར་གྱི་འཆིང་སྦྱོར་ནང་གློག་རྡུལ་རྣམས་དཀྱིལ་དུ་གནས་ཤིང་། དེ་རྣམས་ཆ་སྙོམས་སུ་སྤྱོད་པ་ཡིན། འཆིང་བ་ཞིག་གིས་གློག་རྡུལ་བགོ་ཚད་ཇི་ཙམ་རན་པ་ཡོད་པ་དེའི་ཚོད་ཀྱིས་དེ་ལ་གནས་ལྟོས་ནུས་པ་མང་བ་ཡོད་པ་སྟེ། འཆིང་བ་ཞིག་གི་ནང་ཁུལ་མོང་དུ་སྤྱོད་པའི་གློག་རྡུལ་རྣམས་ཇི་ཙམ་དཀྱིལ་ས་དང་ཉེ་བ་དེའི་ཚོད་ཀྱིས་དེར་ནུས་པ་མཐོ་བ་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱིས་མཐོང་བ་ལྟར་ཀ་ར་དང་ཚིལ་ཞག་དག་ལ་ C-C འཆིང་བ་དང་། C-H འཆིང་བ་མང་པོ་ཡོད་པས་དེ་རྣམས་ལ་དཀྱིལ་དུ་འཁོད་པའི་གློག་རྡུལ་མང་བ་ཡོད། དེར་བརྟེན་དེ་རྣམས་ལ་ཕྲ་ཕུང་གི་དགེ་མཚན་དུ་གྱུར་བར་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཉུང་བའི་གནས་ལྟོས་ནུས་པ་ཏ་ཅང་འབོན་ཆེན་པོ་ཡོད། འཆིང་བ་རྣམས་ཞིག་པའི་སྐབས་རང་གི་ནུས་པ་སློད་འདོན་བྱེད་ལ། དེ་ལས་ཉུང་ཤས་ཤིག་ཕྲ་ཕུང་གིས་བཟུང་སྟེ། རྫས་འགྱུར་གྱི་འཕབ་སྦྱོར་སྐྱེལ་བར་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

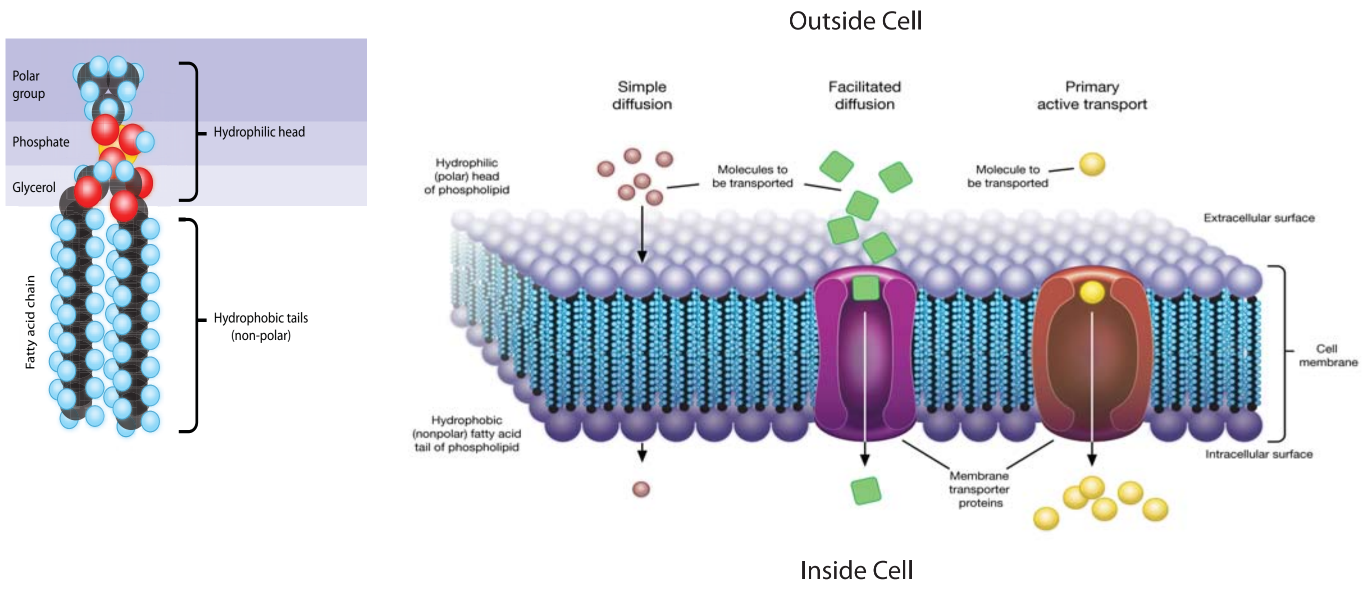


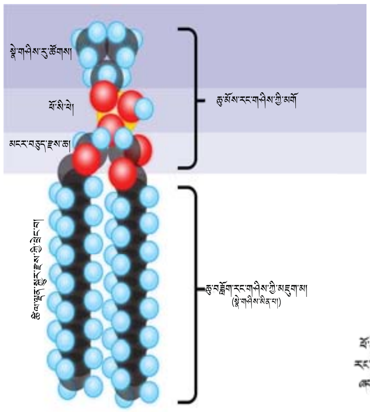
Figure 28: The cell membrane (right) and its major component, phospholipids (left). The phosphate functional group at the 'head' of a phospholipid (labeled on the left and represented by the purple balls on the right) is highly charged. The fatty parts of phospholipids are uncharged and are thus hydrophobic or 'afraid' of water. When phospholipids are in water, all the charged parts align; all the hydrophobic parts move toward each other and away from water. The result is that the phospholipids naturally form a hollow ball covered by a double layer of phospholipids called a phospholipid bilayer membrane.

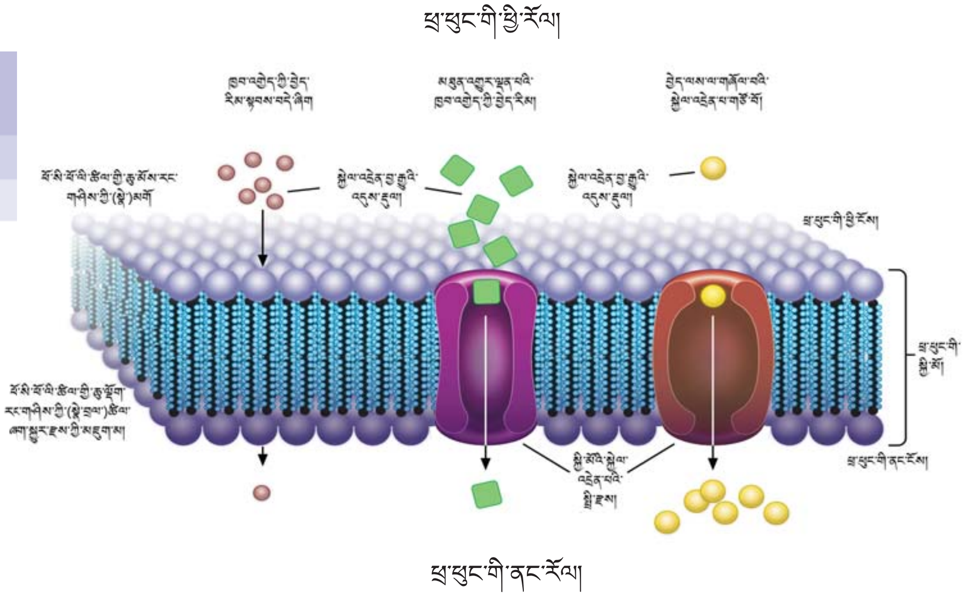
In terms of our discussion of cells, lipids have one more important function in addition to being energy-storers in fat cells. A class of lipids, called **phospholipids**, naturally form cells' **membranes** (Figure 28). As we've seen, membranes are the protective parts of cells. They cover and protect cells.

Look at the phospholipids' structure and charge in the figure. Remember structure drives function. The phosphate functional group at the 'head' of a phospholipid is highly charged, and, remember, the more charged a molecule, the better it interacts with water, because water is also charged (both negatively *and* positively). With which part of water will these phosphates interact? Why?

The fatty parts of phospholipids are uncharged and are thus hydrophobic or 'afraid' of water. So, when you put a bunch of phospholipids in water, all the charged parts align and all the hydrophobic parts move toward each other and away from water. The result is that the phospholipids naturally form a ball covered by a double layer of phospholipids called a **phospholipid bilayer** membrane.

All cell membranes are phospholipid bilayers. Cell membranes also have within them





དཔེ་རིས། ༣༡ ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་(གཡས་)དང་དེའི་གྲུབ་ཆ་གཙོ་བོ་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག (གཡོན་) ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་མགོ་རུ་གནས་པའི་ཕོ་སི་ཕེཊ་ལས་མཚུངས་རྡུ་ཚོགས་(གཡོན་དུ་སོ་སོར་མིང་འདོགས་བྱས་ཡོད་ཅིང་། གཡས་སུ་རིལ་བུ་སྔ་མ་རྣམས་ཀྱིས་མཚོན་ཡོད།) ལ་ནི་གློག་ཁུར་ཚད་གཞི་ཀ་ཅང་མཐོན་པོ་ཡོད། ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་ཚིལ་ཞག་གི་ཆ་ཤས་རྣམས་ལ་གློག་ཁུར་མི་ལྡན་ལ། དེར་བརྟེན་དེ་རྣམས་ཆུ་བཀྲོག་རང་གཤིས་ཅན་ནམ་ཆུ་ལ་འདྲོག་པའི་རང་བཞིན་ཅན་ཡིན། ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་དེ་ཆུའི་ནང་ཡོད་པའི་སྐབས་དེའི་གློག་ཁུར་ཅན་གྱི་ཆ་ཐམས་ཅད་ཕྱོགས་འགྲིལ་བྱེད་པ་དང་། དེའི་ཆུ་བཀྲོག་ཆ་ཤས་ཐམས་ཅད་ཆུ་ལས་རྒྱང་དུ་བསྒྱོད་དེ་ཕན་ཚུན་མཉམ་དུ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེའི་དབང་གིས་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་རྣམས་རང་བཞིན་གྱིས་གོང་བུ་ཕོག་སྟོང་ཅན་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་ཅིང་། གོང་བུ་དེར་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་རིམ་པ་གཉིས་ལྡན་གྱི་སྐྱི་མོ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་རིམ་པ་གཉིས་ཅན་ཞིག་གིས་གཡོགས་ནས་ཡོད་པ་རེད།

ཕྲ་ཕུང་སྔོར་གྱི་ང་ཚོའི་བགྲོ་གླེང་གཞིར་བཟུང་བྱས་ན། ལི་ཚིལ་རྣམས་ཚིལ་ཞག་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ནུས་པ་གཉེར་འཛིན་པ་ཡིན་པའི་སྟེང་དུ་དེ་དག་ལ་ད་དུང་བྱེད་ལས་གལ་ཆེན་གཞན་ཞིག་ཡོད། ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ལི་ཚིལ་གྱི་སྡེ་གཅིག་གིས་རང་བྱུང་དུ་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་འགྲུབ་པར་བྱེད་ལ། (དཔེ་རིས། ༣༡) ང་ཚོས་སྔར་མཐོང་བ་བཞིན། སྐྱི་མོ་རྣམས་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་རང་སྲུང་བྱེད་པའི་ཆ་ཤས་དེ་རེད། དེས་ཕྲ་ཕུང་གཡོག་ཅིང་སྲུང་བར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

དཔེ་རིས་ནང་གསལ་བའི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་བཀོད་པ་དང་གློག་ཁུར་ལ་ལྟོས་ལ། བཀོད་པས་བྱེད་ལས་འདྲེན་པའི་ཚུལ་དྲན་པར་གྱིས། ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་མགོ་རུ་འཁོད་པའི་ཕོ་སི་ཕེཊ་ལས་སྡེ་རུ་ཚོགས་དེར་གློག་ཁུར་ཤིན་ཏུ་མཐོན་པོ་ཡོད། དྲན་དགོས་པ་ཞིག་ལ། འདུས་རྫས་ཞིག་ལ་གློག་ཁུར་ཇི་ཙམ་མང་བ་ཡོད་པ་དེའི་ཚོད་ཀྱིས་དེ་ས་ཆུ་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་ལེགས་པ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ནི། ཆུ་ཡང་(ཕོ་མོ་གཉིས་ཀའི་རང་བཞིན་གྱི་)གློག་ཁུར་ལྡན་པ་ཡིན་པས་ཡིན། དེས་ན། ཕོ་སི་ཕེཊ་འདི་རྣམས་ཆུའི་ཆ་ཤས་གང་ཞིག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་དམ། དེའི་རྒྱུ་མཚན་གང་ཡིན་ནམ།

ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་ཚིལ་ཞག་གི་ཆ་ཤས་རྣམས་གློག་ཁུར་དང་མི་ལྡན། དེར་བརྟེན་དེ་རྣམས་ཆུ་བཀྲོག་རང་བཞིན་ཏེ། ཆུ་ལ་འཇིགས་པའི་རང་བཞིན་ཡིན། དེར་བརྟེན་ཆུའི་ནང་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་སྡོམ་ཚག་ཅིག་བླུགས་སྐབས་གློག་ཁུར་ཅན་གྱི་ཆ་ཐམས་ཅད་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་འགྲིལ་བ་དང་། ཆུ་བཀྲོག་རང་བཞིན་གྱི་ཆ་ཐམས་ཅད་ནང་ཕན་ཚུན་གྱི་ཕྱོགས་སུ་བསྐྱོད་དེ་ཆུ་ལས་རྒྱང་རིང་དུ་བསྒྱོད། དེའི་མཇུག་འབྲས་སུ་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་རྣམས་རིམ་པ་ཟུང་ལྡན་གྱི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་སྐྱི་མོ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་རིམ་པ་ཉིས་རྩེག་གིས་གཡོགས་པའི་སྒོ་ལོ་ཞིག་ཏུ་རང་བྱུང་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཐམས་ཅད་རིམ་པ་ཉིས་ཅན་གྱི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་ཤ་སྟག་ཡིན། ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ལ་རང་གི་ཁྲོན་དུ་སྤྱི་རྫས་དང་རྫས་འགྱུར་གྱི་གྲུབ་ཆ་གཞན་ཡང་ཡོད་ཅིང་། གྲུབ་ཆ་དེ་རྣམས་སྐྱི་མོ་སོ་སོའི་གནས་ས་དང་བྱེད་ལས་ལ་ལྟོས་ཏེ་རྣམ་འགྱུར་འདྲ་མིན་སྣ་ཚོགས་སུ་ཡོད། སྐྱི་མོ་སོ་སོའི་ཁྲོན་དུ་སྤྱི་རྫས་གང་ཞིག་ཡོད་མེད་དང་གཙོད་ཡོད་མེད་ལ་གཞིགས་

proteins and other chemical components that vary depending on the location and function of particular membranes. Each membrane is distinct based on which and how many proteins are in the membrane (these proteins could be receptors like our temperature-sensitive receptors). Other membrane variations depend on which types of phospholipids compose the membrane. Carbohydrates, as we discussed, also attach to membranes to help shape their identities. It's important to know that all of these variations can change during a cell's lifetime depending on the challenges that the cell is facing from its environment at any given time. For example, the outer cell membrane of one of our keratinocytes might have more or less temperature-sensitive receptors depending on how close to the skin surface it is. Shortly, we will travel with such a skin receptor to see where in the cell it starts its life and how it gets to the cell membrane.

The outer cell membrane, generally referred to as *the* cell membrane or the **plasma membrane**, regulates what goes in and out of the cell. Some molecules are small and can move easily across membranes. Others are large or highly charged; these use specific receptors to move into or out of the cell directly or to indirectly make their presence known by binding to and changing the shape of a receptor. Figure 28 illustrates the different ways molecules interact with cell membranes.

Let's now integrate what we've learned about the four major types of life-molecules—proteins, nucleic acids, carbohydrates, and lipids—in relation to a cell, specifically the keratinocyte, the skin cell we started with back in Figure 16.

A TOUR OF THE CELL

Now that we have a basic understanding of the pieces that come together to make a cell, look back at the chart that summarizes the sensing hot chai story. We are beginning to understand part I (the basic chemistry of life) and part II (basic molecules of life). Now, we can look specifically at part III (cells, molecules, and the sense of touch)—how our skin cells sense heat, interpret that heat, and respond. To do this, we need to learn about a few more cellular components.

As we mentioned, our cells have many membrane-bound compartments, referred to in general as organelles, which means 'small organs'. Organelles have their own lipid membranes and, for a cell, are analogous to organs for a body. Organelles have specific jobs and are compartmentalized just like organs to make their jobs easier to develop and monitor. Your body has skin to contain and protect it, cells have membranes for

ཏེ་སྐྱི་མོ་རེ་རེ་ནས་བྱུར་གསལ་ཞིག་ཏུ་གྲུབ་ཡོད།   (སྒྲི་རྫས་འདི་རྣམས་ང་ཚོས་གླིང་པའི་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ལྷ་བུའི་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་ཡིན་ཚོག)   སྐྱི་མོའི་སྙིང་གི་མི་འདྲ་བའི་ཁྱད་པར་གཞན་དག་རྣམས་རང་ཉིད་འགྲུབ་བྱེད་ཀྱི་ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག་གི་རིགས་ལ་ལྟོས་ཀྱི་ཡོད།   ང་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱས་ཟིན་པའི་ཁར་སྔོ་མངར་བཙུད་རྣམས་ཀྱིས་ཀྱང་སྐྱི་མོར་འབྱུར་ཏེ་དེའི་ངོ་བོ་འགྱུབ་པར་གྲོགས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།   དུས་ཚོད་ངེས་ཅན་གང་འདྲ་ཞིག་ཏུའང་རང་གི་ཁོར་ཡུག་གི་ཕྱོགས་ནས་རང་ལ་འཕྲོད་པའི་དཀའ་ཁག་གི་རང་བཞིན་ལ་ལྟོས་ཏེ་མི་འདྲ་བའི་ཁྱད་པར་འདི་ཀུན་ཕྲ་ཕུང་དེའི་གནས་ཡུན་གྱི་རིང་ལ་འགྱུར་བ་འགྲོ་རུང་ཡིན་པ་ཤེས་རྒྱུ་གལ་ཆེན་པོ་ཡིན།   དཔེར་ན་པགས་པའི་ཕྱི་ངོས་ནས་ཇི་ཙམ་ཐག་ཉེ་པོ་ཡོད་མིན་ལ་གཞིགས་ཏེ་ང་ཚོའི་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ཕྱིའི་སྐྱི་མོ་དེར་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་མང་ཉུང་གི་ཁྱད་པར་ཡོད་རུང་བ་ཡིན།   ད་ནས་དུས་ཡུན་ཐུང་ངུ་ཞིག་གི་རྗེས་སུ་ང་ཚོས་པགས་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་ལྷ་བུ་ཞིག་དང་མཉམ་དུ་འགྲུལ་བཞུད་བྱས་ཏེ།   དེས་རང་གི་ཚེའི་ཐོག་མ་དེ་ཕྲ་ཕུང་གི་གནས་གང་དུ་འགོ་འཛུགས་ཀྱི་ཡོད་པ་དང་།   ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོའི་སར་ཇི་ལྟར་སླེབས་པའི་ཚུལ་ལ་རྟོག་ཞིབ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།

ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མ་སྣེ། སྤྱིར་བཏང་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོའམ་ཆུ་སེར་གྱི་སྐྱི་མོ་ཞེས་སུ་འབོད་པ་འདིས་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་དུ་གང་འདྲེན་པ་དང་། ཕྱི་རུ་གང་གཏོང་བ་བཅས་ལ་ཚོད་འཛིན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདུས་རྫུལ་ཁ་ཤས་ཕྲ་མོ་ཡིན་པས་བདེ་བླག་ཏུ་སྐྱི་མོ་བརྒྱུད་དེ་བགྲོད་ཐུབ། གཞན་རྣམས་ནི་རགས་པ་ཡིན་པའམ། གློག་ཁུར་ཏ་ཙང་མཐོན་པོ་ཅན་ཡིན་ལ། དེ་དག་གིས་ཐད་ཀར་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་དུའམ་ཕྲ་ཕུང་ནས་ཕྱི་རུ་བགྲོད་པའི་ཆེད་དུ་སྣེ་ལེན་པ་ངེས་ཅན་དེ་འདྲ་བགོལ་སྤྱོད་བྱེད་པའམ། ཡང་ན་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་ལ་འཁྱུད་པ་དང་དེའི་དབྱིབས་ལ་འགྱུར་བ་བཏང་སྟེ་རང་ཉིད་ཀྱི་བྱེད་ནུས་བརྒྱུད་ནས་འདོན་གྱི་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༣༨ ཀྱིས་འདུས་རྫུལ་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་དང་སྒྲིལ་སྤྱོར་བྱེད་ཐབས་མི་འདྲ་བ་ཡོད་པ་རྣམས་གསལ་སྟོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཚེ་སྲོག་འདུས་རྫུལ་གྱི་རིགས་གཙོ་བོ་བཞི་སྟེ། སྤྲི་རྫས་དང་། ཉིང་སྐྱུར། ཁར་སྔོ་མངར་བཙུད། ལི་ཚིལ་བཅས་ཀྱི་སྐོར་ལ་ང་ཚོས་གང་སྦྱངས་པའི་ཤེས་བྱ་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་སྤྱི་དང་། བྱེ་བྲག་ཏུ་དཔེ་རིས་ ༡༨ ནང་ཐོག་མར་གླེང་བའི་ཀེར་ཊེན་ཕྲ་ཕུང་ཞེས་པའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དང་འབྲེལ་ཏེ་མཉམ་སྦྲེལ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།

ཕྲ་ཕུང་ལ་ལྟ་སྐོར་ཞིག་བྱེད་པ།

ད་ང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གྲུབ་པ་ལ་འཛོམས་དགོས་པའི་ཆ་ཤས་རྣམས་ལ་གཞི་རྩའི་གོ་བ་ཞིག་ཆགས་ཡོད་པས། ཇ་ཚ་པོ་ཚོར་ཤེས་བྱེད་པའི་སྐོར་གྱི་གནས་ཚུལ་ཕྱོགས་སྡོམ་བྱས་པའི་དཔེ་རིས་དེར་ལྟོས་དང་། ང་ཚོས་རིམ་པ་དང་པོ་(ཚེ་སྲོག་གི་གཞི་རྩའི་རྫས་སྦྱོར་)དང་རིམ་པ་གཉིས་པ་(ཚེ་སྲོག་གི་གཞི་རྩའི་འདུས་རྫུལ་)ཡི་སྐོར་ལ་གོ་རྟོགས་ལོན་པའི་འགོ་ཚུགས་ཡོད། ད་ང་ཚོས་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་རིམ་པ་གསུམ་པ་(ཕྲ་ཕུང་དང་། འདུས་རྫུལ། རིག་པའི་དབང་ཚོར་བཅས་)ལ་བལྟས་ཚོག་པ་ཡིན། རིམ་པ་དེ་ནི་ང་ཚོའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གིས་ཚ་དྲོད་ཇི་ལྟར་ཚོར་བ་དང་། ཚ་དྲོད་དེ་ཇི་ལྟར་བརྡ་སྒྱུར་བྱེད་པ་དང། དེར་ཡ་ལན་ཇི་ལྟར་སྤྲོད་ཚུལ་བཅས་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད། འདི་ལ་ང་ཚོས་ད་དུང་ཕྲ་ཕུང་གི་གྲུབ་ཆའི་ཆ་ཤས་ཉུང་ཤས་ཤིག་གི་སྐོར་ཤེས་དགོས་པ་ཡོད།

ང་ཚོས་གོང་དུ་བསྟན་པ་བཞིན། ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་ལ་སྤྱི་ཡོངས་ནས་དབང་ཕྲ་རུ་འབོད་པའི་སྐྱི་མོས་བཏུམས་པའི་ཁུང་མིག་དེ་འདྲ་མང་པོ་ཡོད་ལ། དབང་ཕྲ་ཞེས་པ་''དབང་པོ་ཆུང་ཆུང་''ལ་གོ་བ་ཡིན། དབང་ཕྲ་''སོ་སོར་ལི་ཚིལ་ལས་གྲུབ་པའི་སྐྱི་མོ་ཡོད་ཅིང་། ཕྲ་ཕུང་ཞིག་ལ་ལྟོས་ཏེ་དེ་རྣམས་ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་དང་འདྲ་བ་ཡིན། དབང་ཕྲ་རྣམས་ལ་བྱེད་ལས་ངེས་ཅན་རེ་ཡོད་ལ། རང་རང་གི་བྱ་གཞག་བསྒྲུབ་པ་དང་དེར་སྣང་ས་འཛིན་བྱེད་སླ་བའི་ཆེད་དུ་དེ་རྣམས་དབང་པོ་བཞིན་དུ་ཁུང་མིག་སོ་སོར་ཕྱེ་ཡོད།   པགས་པས་ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་གཡོགས་པ་དང་སྲུང་སྐྱོབ་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད་པ་བཞིན། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལའང་བྱེད་ལས་གཅིག་མཚུངས་དེ་དག་བསྒྲུབ་པའི་སྐྱི་མོ་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་ལ་གླད་པ་ཡོད་པ་བཞིན། ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་ཉིང་རྫུལ་(སྣང་ས་འཛིན་ལྟེ་གནས་)ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་ལ་སྙིགས་རོ་འདོར་བྱེད་ཀྱི་མཁལ་མ་ཡོད་པ་བཞིན། ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལའང་སྙིགས་དོར་མ་ལག་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་ཀྱི་ཕྱོགས་ཀུན་ཏུ་རྫས་དངོས་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་སྙིང་དང་འཁོར་རྒྱུག་མ་ལག་ཡོད

the same function; your body has a brain, your cells have a **nucleus** (control center); your body has kidneys to release waste, your cells have waste systems; your body has a heart and circulatory system to move things throughout the body, your cells have **mitochondria** to produce energy and a **vesicle** system to distribute molecules around the cell; your body has a skeleton and attached muscles to give it structure and ease of movement, and your cells have a **cytoskeleton** of filaments and fibers for the same purpose. The part of the cell that isn't within any organelle is called the **cytoplasm**.

Let's look at our cell again and fill in these organelles (Figure 29), keeping in mind that each one is composed of some combination of the basic life-molecules. Then we'll consider their roles in the story of how we, our cells, sense heat. We will focus on our skin cell keratinocyte, but each kind of cell has differences in its structures depending on its job, environment, and time in life.

We don't want our DNA, the nucleic acid that encodes all our proteins, unprotected.

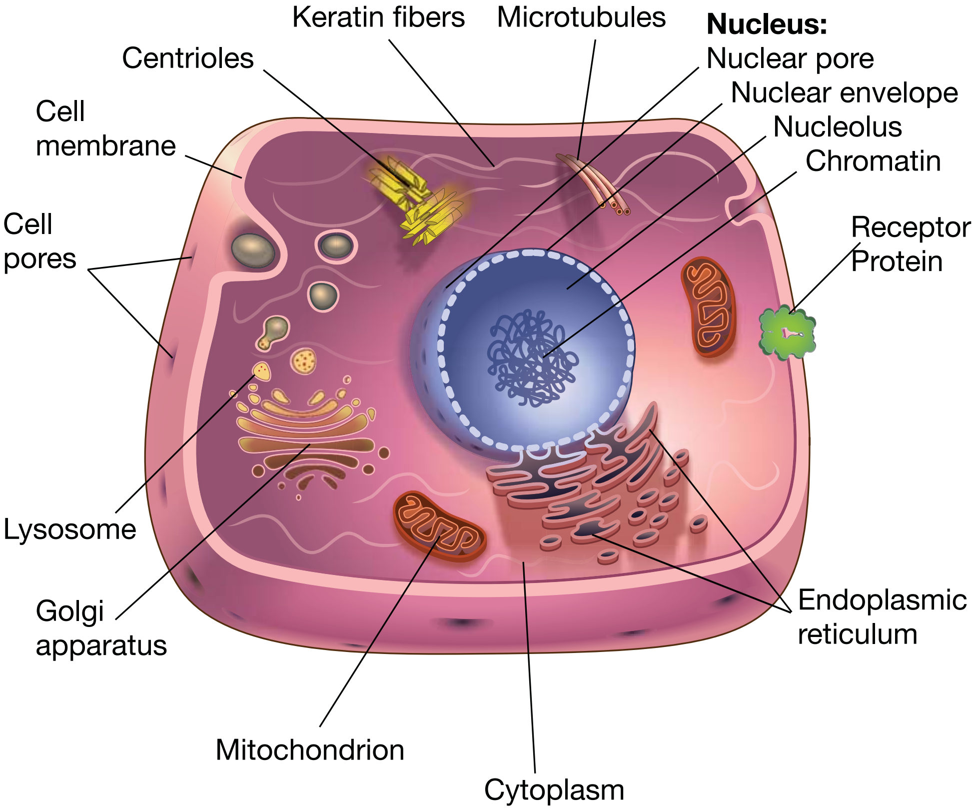


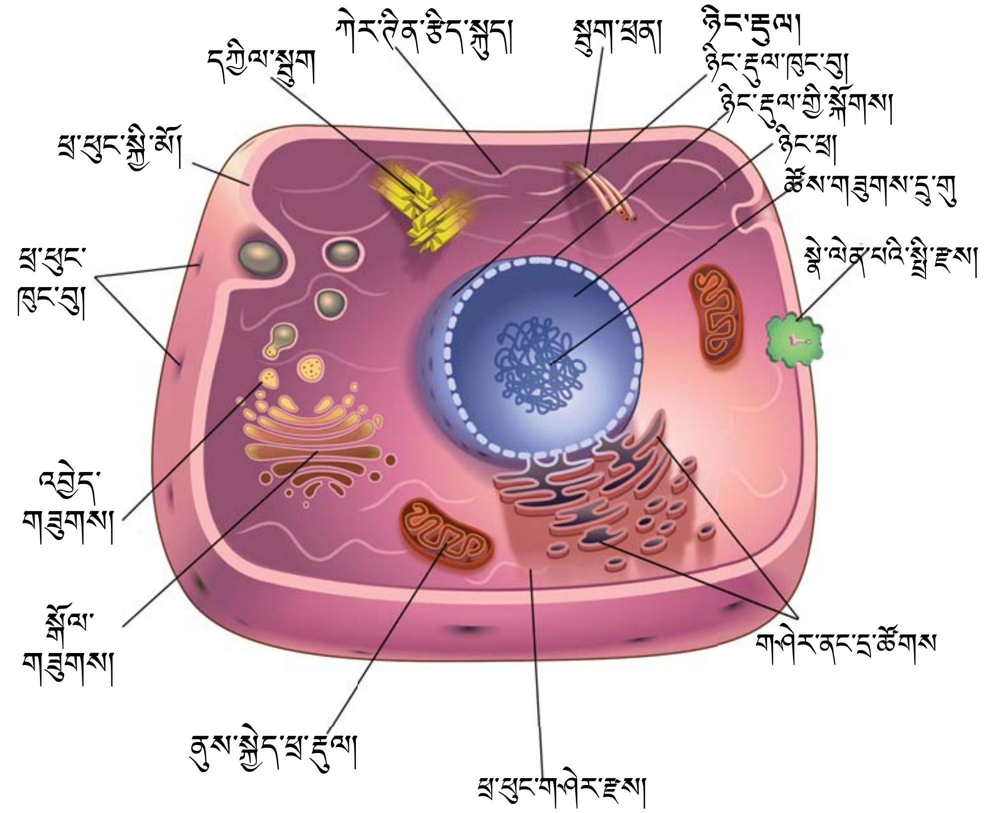
Figure 29: Keratinocyte with organelles labelled.

So, not surprisingly, it is wrapped around a bunch of proteins and stored inside an organelle, surrounded by a lipid bilayer. The organelle that protects DNA is the nucleus.

པ་བཞིན། ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་ནུས་པ་བསྐྱུན་མཁན་གྱི་ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་རྡུལ་དང་། ཕྲ་ཕུང་གི་ཁྱོན་དུ་འདུས་རྫུལ་འགྲེམ་མཁན་གྱི་ལྷང་བ་མ་ལག་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་ལ་བཀོད་དབྱིབས་སྦྱིན་བྱེད་དང་འགུལ་བསྐྱོད་བདེ་མོ་སྐྱེད་པའི་རུས་སྒྲོམ་དང་དེར་འབྱར་བའི་ཤ་གནད་ཡོད་པ་བཞིན། ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་དགོས་དོན་དེ་གའི་ཆེད་དུ་ཟེ་སྐྲུད་དང་རྩིད་སྐྲུད་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་ཕྲ་ཕུང་སྒྲོམ་གཞི་ཡོད། དབང་ཕྲའི་་རིགས་ག་འདྲ་ཞིག་གིའང་ཁྱོན་དུ་མ་འདུས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་དག་ལ་ཕྲ་ཕུང་གཤེར་རྫས་ཟེར་བ་ཡིན།

ང་ཚོས་ཕྲ་ཕུང་ལ་ཡང་བསྐྱར་ཅིག་བལྟས་ནས་དེའི་ནང་གི་དབང་ཕྲ་རྣམས་རེ་རེ་ནས་ངོས་འཛིན་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། (དཔེ་རིས། ༡༩) དེ་རེ་རེ་ནས་གཞི་རྩའི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྫུལ་གྱི་ཚོགས་ཤིག་ལས་གྲུབ་པའི་ཚུལ་དེ་སེམས་ནང་ངེས་དགོས། དེ་ནས་ང་ཚོ་སྟེ། ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཆ་རྐྱེན་ཇི་ལྟར་ཚོར་ཞིང་སྤྱོད་བའི་ཐད་ལ་དབང་ཕྲ་དེ་རྣམས་ཀྱི་བྱེད་ལས་དང་གལ་གནད་གང་ཡོད་སྐོར་བསམ་གཞིག་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། ང་ཚོས་པགས་པའི་སྙིང་གི་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་ལ་ཆེད་དུ་གཏད་པའི་དམིགས་འཛུགས་བྱ་རྒྱུ་ཡིན་ཡང་། ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་རེ་རེ་ལ་ཡང་རང་རང་གི་ལས་འགན་དང་ཁོར་ཡུག་དང་ལོ་ཚད་བཅས་ལ་ལྟོས་ཏེ་བཀོད་དབྱིབས་ཐ་དད་ཡོད་པ་རེད།

ང་ཚོའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་སྟེ། ང་ཚོའི་ནང་གི་སྦྲི་རྫས་ཐམས་ཅད་ཀྱི་བཟ་སྦྲིག་བྱེད་པོའི་ཉིང་སྐྱུར་དེར་སྲུང་སྐྱོབ་གང་ཡང་མེད་པར་ང་ཚོས་འཛོག་འདོད་མེད། དེས་ན་ང་ཚོའི་རེ་འདོད་བཞིན། འདི་ཉིད་སྦྲི་རྫས་ཀྱི་སྡོམ་ཆག་ཞིག་གིས་མཐའ་འཁོར་དུ་གཡོགས་ནས་ཡོད་ཅིང་། ལི་ཕིལ་རིམ་པ་ཟུང་ལྡན་ཞིག་གིས་བསྐོར་ནས་ཡོད་པའི་དབང་ཕྲ་ཞིག་གི་སྦུག་ཏུ་ཉར་ཚགས་བྱས་ཡོད། ཊི་ཨེན་ཨེ་སྲུང་སྐྱོབ་བྱེད་པའི་དབང་ཕྲ་དེ་ནི་ཉིང་རྡུལ་དེ་རེད།



དཔེ་རིས། ༡༩ རང་སྙིང་གི་དབང་ཕྲ་རྣམས་ངོས་ཟིན་མིང་འདོགས་བྱས་ནས་ཡོད་པའི་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་།

ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་རྡུལ་ཡང་ཡོད་ལ། དེ་རྣམས་ལ་རང་རང་གི་ཊི་ཨེན་ཨེ་དང་། ཕྱི་དང་ནང་གི་ལི་ཕིལ་རིམ་པ་ཟུང་ལྡན་གྱི་སྐྱི་མོ་ཡང་ཡོད། སྐྱི་མོ་དེ་ཚོའི་ནང་ང་ཚོའི་གཟན་ཆས་ནང་གི་ཞག་དང་ཀ་ར་རྣམས་དུམ་བུར་གཅོག

Our cells also have **mitochondria**, which have their own DNA and outer and inner lipid bilayer membranes full of proteins involved in producing energy by breaking down the sugars and fats in our diet. Our bodies are also able to *synthesize* fats and sugars (like the glycogen we discussed above). Mitochondria make energy the cell can use in the form of a molecule called **adenosine triphosphate** (ATP for short). Enzymes, like the ones used in breaking down or making life-molecules, use most of this ATP.

Animal cells also have a **cytoskeleton**, made of proteins like keratin, that give the cell structure and flexibility and also hold the other parts of the cell in place or provide tracks on which they can move in a controlled and organized fashion.

In addition, cells have defined areas and membrane-bound organelles where molecules of the cell are broken down and recycled. **Lysosomes** are one of these sites (the 'lys' in their name means 'break open').

Cells also contain membranous structures**—vesicles**, **endoplasmic reticula**, and **Golgi apparatuses—**involved in moving proteins either out of the cell entirely or into different membranes within the cell, and which we will touch on in detail below. Depending on the type of cell, these vesicles may sometimes contain non-protein chemicals also. Proteins that leave the cell might be signaling proteins that send messages to other cells nearby or, through the blood stream, to cells further way. Alternatively, proteins leaving the cell might form the material between cells that help give many cells the structure of a tissue—as a whole, since this material is outside the cells, it is called the ***extra*****cellular matrix**. This is the mortar between the bricks of cells we discussed earlier.

DIFFERENT TYPES OF CELLS

Different cells have different amounts of different parts or organelles depending on their jobs. What types of cells would you expect to have the most mitochondria? Some cells don't even have a nucleus and DNA. What types of cells might these be?

GETTING A PROTEIN RECEPTOR TO THE CELL SURFACE

A good way to understand the parts of the cell and how they work together is to take a tour of the cell at the same time that you learn about a particular process the cell is carrying out. We will take such a tour related to our ability to sense and respond to our hot cup of chai. We will see how the protein receptors that sense the cup get to the cell surface. As we take our tour, keep in mind where we are in the cell and which life-molecules are required for each step.

པའི་སྒོ་ནས་ནུས་པ་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱིས་ཁེངས་ནས་ཡོད། ང་ཚོའི་ལུས་པོས་ཞག་དང་(གོང་དུ་གླེང་བའི་སྣི་ལ་ཡི་ཁོ་རྗེན་ལྷ་བུའི་)ཀ་ར་རྣམས་མཉམ་བསྲེས་བྱེད་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་རྡུལ་རྣམས་ཀྱིས་ཨེ་ཊི་ནོ་སིན་ཊི་ར་ཡི་ཕོ་སི་ཕེཊ་(བསྡུས་མིང་དུ་ཨེ་ཊི་པི་)ཞེས་སུ་འབོད་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རྣམ་པའི་ནུས་པ་བསྒྲུན་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གི་སྤྱོད་སྒོར་འཁྱེར་དུ་ཡོད་པར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་བཟོ་བའམ་གཅོག་པའི་ཆེད་དུ་བེད་སྤྱད་པའི་སྣིན་རྫས་ལྷ་བུའི་སྣིན་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་ཨེ་ཊི་པི་འདི་ཕལ་མོ་ཆེ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

དུད་འགྲོའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལའང་ཀ་ར་སྤྲི་རྫས་ལྷ་བུའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་ཕྲ་ཕུང་ལུས་སྒྲོམ་ཞིག་ཡོད་ལ། དེས་ཕྲ་ཕུང་ལ་དབྱིབས་བཀོད་དང་མཉེན་ཆ་སྦྱིན་པ་མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་གཞན་རྣམས་གོ་ས་སོ་སོར་གཟུང་བའམ། ཡང་ན་དེ་རྣམས་སྣང་འཛིན་དང་གོ་སྒྲིག་ལྡན་པའི་སྒོ་ནས་ཕན་ཚུན་དུ་རྒྱུ་སའི་རྒྱུ་ལམ་སྦྱིན་གྱི་ཡོད།

དེར་མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་གཏན་ཁེལ་གྱི་ས་ཁུལ་སོ་སོ་དང་སྐྱི་མོས་འཕྱུམས་པའི་དབང་ཕྲ་ཡོད་པ་དེ་དག་ཏུ་ཕྲ་ཕུང་གི་འདུས་རྡུལ་རྣམས་དུམ་བུར་གཅོག་པ་དང་བསྐྱར་བཟོ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འཕྱེད་གཟུགས་རྣམས་ནི་དེ་ལྷ་བུའི་ས་ཁུལ་གྱི་གྲས་ཤིག་ཡིན། (དབྱིན་སྐད་ནང་འདིའི་མིང་ཟུར་གྱི་''ལིའི་''ཞེས་པ་ཁ་འབྱེ་བ་ལ་གོ)

ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་སྐྱི་མོས་གཡོགས་པའི་བཀོད་དབྱིབས་དེ་འདྲ་ཡོད་ཅིང་། བཀོད་དབྱིབས་དེ་དག་གིས་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་རུ་ཐད་དེ་འབུད་པའམ། ཡང་ན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་སྐྱི་མོ་མི་འདྲ་བའི་གསེབ་ཏུ་ནང་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། (བཀོད་དབྱིབས་དེ་དག་གི་ཁོངས་སུ་ལྷང་བུ་དང་། གཤེར་ནང་དྲ་ཚོགས། སྒོལ་གཟུགས་ལྷ་བུ་འདུས་ཡོད།) བཀོད་དབྱིབས་འདི་དག་གི་སྐོར་ང་ཚོས་གཤམ་དུ་ཞིབ་པར་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། རང་གང་དུ་ཡོད་སའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁྱད་པར་གྱི་དབང་གིས་ལྷང་བུ་འདིའི་རིགས་ལ་སྐབས་རེར་སྤྲི་རྫས་མིན་པའི་རྫས་འགྱུར་དངོས་པོ་ཡང་ཡོད་ཚོག་པ་ཡིན། ཕྲ་ཕུང་ལས་ཕྱིར་ཐོན་པའི་སྤྲི་རྫས་དེ་རྣམས་ནི་འདབས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བའམ། ཡང་ན་ཁྲག་རྒྱུན་གྱི་བརྒྱུད་ནས་རྒྱང་རིང་བར་གནས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བའི་བརྡ་སྐྱེལ་སྤྲི་རྫས་ཡིན་ཚོག གཞན་དུ་ན་ཕྲ་ཕུང་ལས་ཐོན་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་དབར་གྱི་བེམ་རྫས་གྲུབ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་དུ་མའི་ཚོགས་ལ་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་བཀོད་དབྱིབས་སྦྱིན་པར་རམ་འདེགས་བྱེད་པའང་ཡིན་ཚོག སྤྱིར་ན་བེམ་རྫས་འདི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་འཁོད་ཡོད་པས་འདི་ལ་ཕྲ་ཕུང་ཕྱི་ངོས་ཀྱི་དྲ་རྙོག་ཏུ་འབོད་ཀྱིན་ཡོད། འདི་ནི་ང་ཚོས་གོང་དུ་གླེང་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་སོ་ཕག་སོ་སོའི་དབར་གྱི་ཨར་འདམ་དེ་རེད།

རིགས་མི་གཅིག་པའི་ཕྲ་ཕུང་།

ཕྲ་ཕུང་སོ་སོར་རང་རང་གི་བྱེད་ལས་ལ་ལྟོས་ཏེ་འབོར་ཚད་མི་གཅིག་པའི་ཆ་ཤས་སམ་དབང་ཕྲ་མི་འདྲ་བ་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱི་བསམ་པར་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་ཅི་འདྲ་ཞིག་ལ་ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་རྡུལ་མང་ཤོས་ཡོད་ཚོག་གམ། ཡང་ཕྲ་ཕུང་ཁག་ཅིག་ལ་ཉིང་རྡུལ་དང་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡང་མེད་པ་རེད། འདི་ཚོ་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་གང་འདྲ་ཞིག་ཡིན་ནམ།

སྤྲི་རྫས་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་སྐྱེལ་བ།

ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་རྣམས་དང་དེ་དག་མཉམ་རུབ་ཀྱིས་ཇི་ལྟར་ལས་ལ་འཇུག་ཚུལ་བཅས་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་པའི་ཐབས་ལམ་ལེགས་པོ་ཞིག་ནི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཉིད་གང་ལ་འཇུག་བཞིན་པའི་བྱེད་རིམ་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་ལ་ཤེས་སྦྱོང་བསྟེན་བཞིན་དུ་ཕྲ་ཕུང་དེར་ལྟ་སྐོར་བྱ་རྒྱུ་དེ་རེད། ང་ཚོས་ཇ་ཚ་པོ་བླུགས་པའི་ཕོར་པ་ཞིག་ཚོར་ཞིང་མྱོང་བ་དང་དེ་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་བྱེད་ནུས་དང་འབྲེལ་ཏེ་དེ་ལྟའི་ལྟ་སྐོར་ཞིག་ལ་བསྐྱོད་རྒྱུ་ཡིན། ཕོར་པ་ཚོར་ཞིང་མྱོང་བའི་སྤྲི་རྫས་སྣེ་ལེན་པ་དེ་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཇི་ལྟར་འགྲོར་བའི་ཚུལ་དེ་ང་ཚོས་འོག་ཏུ་མཐོང་བར་འགྱུར་ལ། ལྟ་སྐོར་དུ་བསྐྱོད་བཞིན་དུ་ང་ཚོ་རང་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་གི་གནས་གང་དུ་སླེབས་པ་དང་། ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་གང་ཞིག་དུས་རིམ་གྱི་མཚམས་གང་དུ་མཐོང་བའི་གནས་དོན་རྣམས་བློ་ལ་འཛིན་དགོས།

We are able to sense touch and change in temperature with the help of protein receptors integrated into the plasma membranes of skin cells like keratinocytes. Look at the keratinocyte in Figure 29. It faces two major challenges toward its goal of getting a receptor into the plasma membrane. Let's follow a temperature-sensitve receptor and call it TSR for short. To see an amazing animation of the cell and all of its components, visit http://multimedia.mcb.harvard.edu/media.html on the internet.

Challenge number one is making the receptor in the first place. Like all proteins, the receptor is encoded in the DNA, which is, as you know, in the nucleus in the cell. So, we have to find a way to decode the specific gene for TSR and make it into a protein. Then, the second challenge is to get that protein into the plasma membrane in just the right position so that it can do its job.

DNA
↓
RNA
↓
PROTEIN

The first challenge involves two important cellular processes: **transcription** and **translation**. Transcription takes place in the nucleus, and translation occurs outside the nucleus in the cytoplasm (the part of the cell outside any membrane or organelle). Both processes convert one type of polymer into another type. Transcription converts DNA code (composed of deoxyribonucleotides) into mRNA (composed of ribonucleotides), and translation converts mRNA code into protein (composed of amino acids). Both processes use enzymes, other proteins and RNA's for decoding.

TRANSCRIPTION: DNA TO RNA

Transcription is the process that converts the information in the DNA code into another nucleic acid called **ribonucleic acid,** or **RNA** (Figure 30). The particular RNA made during transcription and then translated into protein is called messenger RNA (mRNA for short), because it carries the information or message in the DNA out of the nucleus to protein-making factories in the cytoplasm. RNA is different than DNA in that it is single-stranded and in that it can leave the nucleus.

Here we are reminded of how the double-helix structure of DNA lends itself to the function of carrying information that is easily decoded. The transcription machinery works by reading one strand of the DNA sequence and converting that information into RNA. Every time the transcription enzyme machinery sees a T (thymine) in the DNA, it adds the corresponding A (for adenine) to the RNA polymer, whenever it sees a G, it adds a C (in RNA uracil (U) is used instead of thymine).

ཀེར་ཌེན་ཕྲ་ཕུང་ལྷ་བུའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆུ་སེར་སྐྱི་མོར་སྦྲེལ་ཏེ་གནས་པའི་སྤྲི་རྫས་སྣེ་ལེན་པའི་གྲོགས་ལ་བརྟེན་ནས་ང་ཚོས་རིག་བྱ་དང་དྲོད་ཚད་ཀྱི་འགྱུར་བ་ཚོར་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༡༩ ནང་གསལ་བའི་ཀེར་ཌེན་ཕྲ་ཕུང་ལ་ལྟོས་དང་། དེས་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆུ་སེར་སྐྱི་མོའི་ཁྲོད་དུ་བསྐྱུལ་རྒྱུའི་དམིགས་ཡུལ་དེ་བསྒྲུབ་པར་དཀའ་ཁག་གཙོ་བོ་གཉིས་ལ་གདོང་ལེན་བྱེད་དགོས་ཀྱི་ཡོད། ད་ང་ཚོས་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་ཞིག་གི་རྗེས་སུ་བསྙེག་པར་བྱ་ལ། དེར་ང་ཚོས་བསྡུས་མིང་དུ་ཌི་ཨེསི་ཨར་ཞེས་འབོད་རྒྱུ་ཡིན། ཕྲ་ཕུང་དང་དེའི་གྲུབ་ཆ་ཡོངས་རྫོགས་ཀྱི་ངོ་མཚར་ཆེ་བའི་འགྱུལ་བརྙན་ཞིག་ལ་བལྟ་འདོད་ན་དྲ་རྒྱ་འདིར་ཕེབས་རོགས།http://multimedia.mcb.harvard.edu/media.html

ཌི་ཨེན་ཨེ།
↓
ཨར་ཨེན་ཨེ།
↓
སྤྲི་རྫས།

དེ་ལས་དཀའ་ཁག་དང་པོ་ནི། སྣེ་ལེན་པ་དེ་འདྲ་ཞིག་བཟོ་རྒྱུ་དེ་རེད། སྤྲི་རྫས་ཀུན་དང་འདྲ་བར་སྣེ་ལེན་པ་འདི་ནི་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཁྲོན་དུ་བརྡ་སྒྲིག་བྱས་ཡོད་ལ། ཁྱོད་ཀྱིས་ཤེས་གསལ་ལྟར། ཌི་ཨེན་ཨེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཉིང་རྡུལ་ནང་འཁོད་ཡོད། དེས་ན་ང་ཚོས་ཌི་ཨེསི་ཨར་གྱི་རིགས་རྫས་ངེས་བཟུང་དེའི་གསང་བརྡ་བཀྲོལ་ནས། དེ་ཉིད་སྤྲི་རྫས་སུ་བསྒྱུར་བའི་ཐབས་ལམ་ཞིག་འཚོལ་དགོས་པ་ཡིན། དེ་ནས་དཀའ་ཁག་གཉིས་པ་ནི། སྤྲི་རྫས་དེ་ཉིད་བླངས་ནས་རང་གི་ལས་འགན་གང་ཡིན་པ་དེ་བསྒྲུབ་ཐུབ་པའི་ཕྱོགས་སུ་ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་མོའི་ས་ཁུལ་རན་པོ་ཞིག་ཏུ་འཇོག་རྒྱུ་དེ་རེད།

དཀའ་ཁག་དང་པོ་དེར་ཕྲ་ཕུང་གི་བྱེད་རིམ་གལ་ཆེན་གཉིས་འདུས་ཡོད། དེ་དག་ནི་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་དང་ཕབ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་གཉིས་ཡིན། ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་ཉིང་རྡུལ་གྱི་ནང་དུ་འགྲུབ་ལ། ཕབ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནི་ཉིང་རྡུལ་ཕྱི་རོལ་གྱི་ཕྲ་ཕུང་གཤེར་རྫས་ཀྱི་ཁྲོད་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། (ཕྲ་ཕུང་གཤེར་རྫས་ནི་སྐྱི་མོའམ་དབང་ཕྲ་ཅི་རིགས་པའི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་དེ་རེད) བྱེད་རིམ་དེ་གཉིས་ཀས་ཆ་མང་བསགས་རྡུལ་གྱི་རིགས་གཅིག་ནས་དེའི་རིགས་གཞན་གྱི་ངོ་བོར་སྒྱུར་བར་བྱེད་དེ། ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་གྱིས་(འཚོ་རླུང་བྲལ་ཉིང་མདངར་ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ་ལས་གྲུབ་པའི་)ཌི་ཨེན་ཨེའི་གསང་བརྡ་རྣམས་(ཉིང་མདངར་ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ་ལས་གྲུབ་པའི་)བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེའི་mRNAངོ་བོར་བསྒྱུར་ལ། ཕབ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་གྱིས་བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེའི་གསང་བརྡ་རྣམས་(ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལས་གྲུབ་པའི་)སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོར་བསྒྱུར་གྱི་ཡོད། བྱེད་རིམ་དེ་གཉིས་ཀས་གསང་བརྡ་བཀྲོལ་རྒྱུར་སྨིན་རྫས་དང་། སྤྲི་རྫས་གཞན། ཨར་ཨེན་ཨེ་རྣམས་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཌི་ཨེན་ཨེ་དེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་རུ་ཕབ་ལེན་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ།

ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་ནི་ཌི་ཨེན་ཨེའི་གསང་བརྡའི་ནང་གི་ཆ་འཕྲིན་རྣམས་ཉིང་མདངར་ཉིང་སྐྱུར་རམ། ཡང་ན་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཉིང་སྐྱུར་གཞན་དེའི་ངོ་བོར་བསྒྱུར་བའི་བྱེད་རིམ་དེ་ལ་ཟེར་བ་རེད། (དཔེ་རིས། ༢༠) ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་གྱི་ཁྲོད་དུ་བསྐྲུན་ཞིང་། དེ་རྗེས་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་བསྒྱུར་རྒྱུའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་དམིགས་བཀར་བ་དེ་ལ་བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཞེས་འབོད། (དེ་ལ་བསྡུས་མིང་དུ་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཟེར།) མིང་དེ་ལྟར་དུ་བཏགས་པ་ནི། དེས་ཌི་ཨེན་ཨེའི་ནང་གི་ཆ་འཕྲིན་ནམ་བརྡ་འཕྲིན་དེ་ཉིང་རྡུལ་གྱི་ཕྱི་རུ་ཁྱེར་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གཤེར་རྫས་ཁྲོད་ཀྱི་སྤྲི་རྫས་བཟོ་སྐྲུན་ལས་གྲྭ་རྣམས་སུ་འདྲེན་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་ཡིན། ཨར་ཨེན་ཨེ་དེ་ཞག་མ་ཆེག་རྐྱང་པའི་གོང་བུ་ཡིན་པ་དང་། དེ་ཉིད་ཉིང་རྡུལ་བོར་ཏེ་ཐོན་ཐུབ་པ་ཡིན་པས་ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་མི་འདྲ་བ་ཡིན།

བདེ་བླག་ཏུ་བརྡ་དགྲོལ་ཐུབ་པའི་ཆ་འཕྲིན་དེ་འདྲ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡིས་དཔོན་འཛིན་བྱེད་པ་ལ་ཌི་ཨེན་ཨེ་རང་གི་གཉིས་འཁྲུད་སྐས་ཀྱི་ཉིས་བརྩེགས་བཀོད་པས་རང་ཉིད་ལ་རམ་འདེགས་བྱེད་ཚུལ་དེ་འདིར་ང་ཚོར་དྲན་གསོ་ཐེབས་ཡོད། ཕབ་ལེན་འཕྲུལ་འཁོར་གྱིས་ཌི་ཨེན་ཨེ་བསྟར་ཆགས་སུ་འཁོད་པའི་ཞག་མ་གཅིག་བརླགས་ནས་ཆ་འཕྲིན་དེ་ཉིད་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ངོ་བོར་སྒྱུར་བའི་ལས་རྩོམ་གྱི་ཡོད། ཕབ་ལེན་སྨིན་རྫས་འཕྲུལ་འཁོར་གྱིས་ཌི་ཨེན་ཨེའི་ནང་གི་ T (ཐ་ཡི་མིན་) གྱི་ཆ་ནམ་མཐོང་བ་ན། དེས་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ཆ་མང་བསགས་རྡུལ་སྟེང་དུ་ཆ་མཐུན་གྱི་ A (ཨེ་ཌི་ནིན་)ཡི་ཆ་ཞིག་སྣོན་ལ། དེ་བཞིན་དུ་དེས་ G ནམ་མཐོང་བ་ན། དེས་C ཞིག་སྣོན་གྱི་ཡོད། (ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་ནང་དུ་ཐ་ཡི་མིན་གྱི་ཚབ་ཏུ་ཡུ་ར་སིལ་(U)བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།)

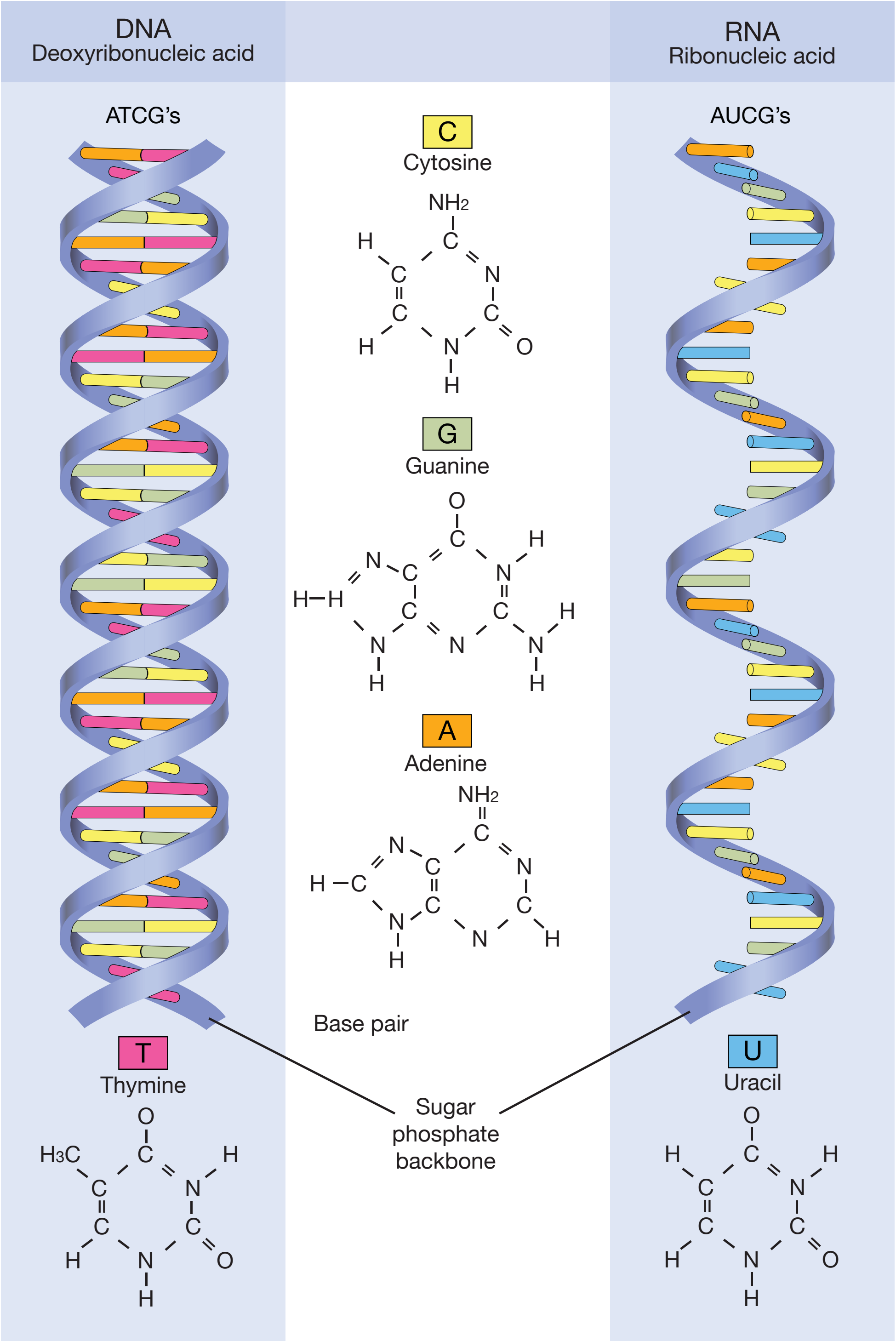


Figure 30: DNA vs RNA. DNA and RNA are both nucleic acid, but differ in ways important fo life as we know it to exist. DNA's sugar backbone is deoxyribose, while RNA's is ribose. DNA double-stranded; RNA is single-stranded. DNA and RNA share three nucleotides in commo -- guanine, adenine, and cytosine. The fourth nucleotide in DNA is thymine, while in RNA it uracil. These differences – while seemingly small – have significant implications.

DIRECTIONALITY

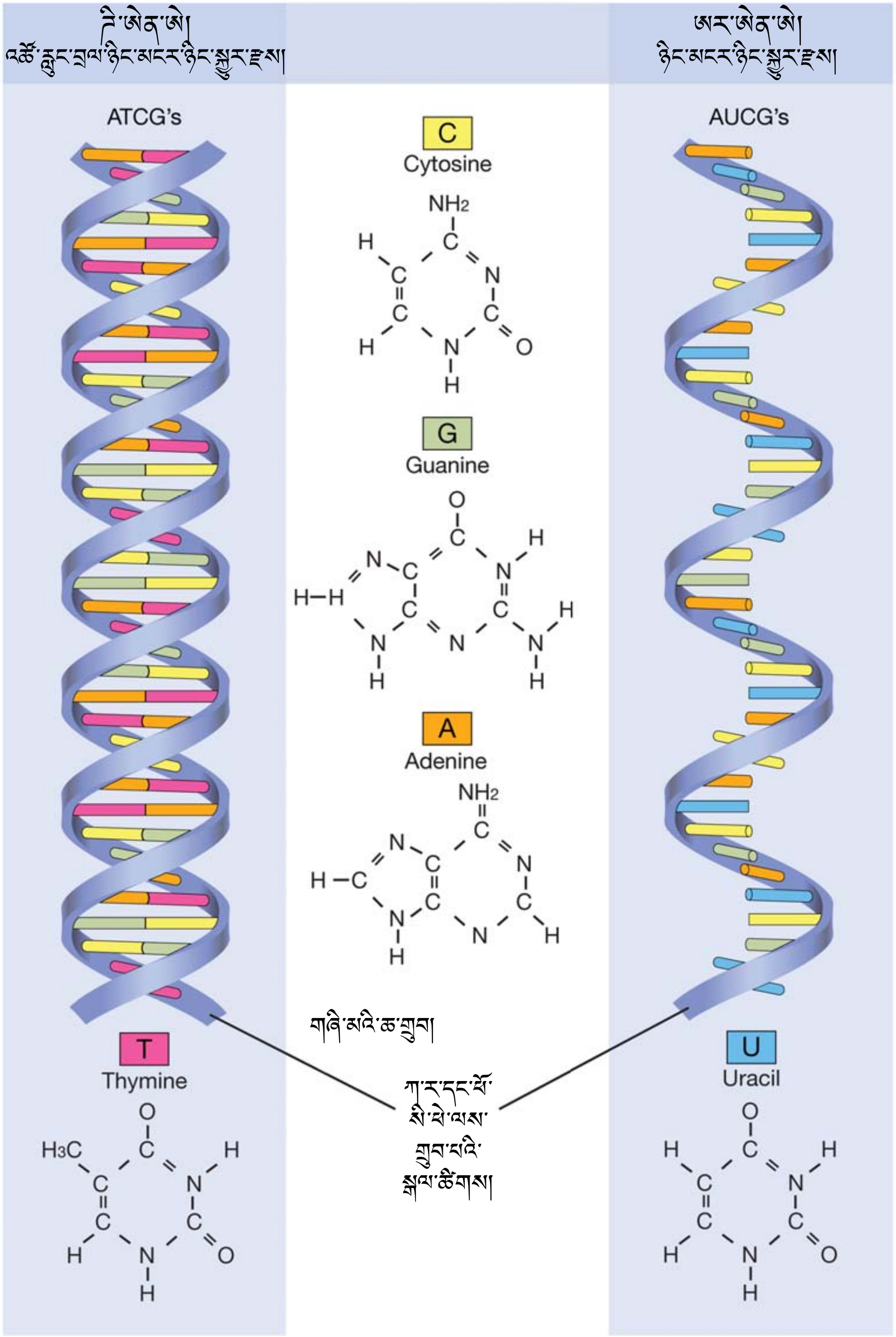
Directionality—the direction things move—in the process of decoding DNA and making first mRNA and then protein, is very important. Built into the DNA code itself is the information for the direction of the process; the code says to the transcription machinery: "Start here! Go this far, and then end here!" Then made into the mRNA (that is made based on the DNA code) is the same kind of information for the translation process.

Much, but not all of life, has direction. Think of your own monastic training on how to focus your attention. The process is written in your texts: start with the nine steps to tame your mind, the 'wild elephant'. Each of the steps is spelled out. You must master the first step before you can move onto the second, and you must master the second before you can move onto the third, etc. This is directionality. Just as the 'code' and directionality of how to tame the wild elephant is written for you, encoded in the ancient texts of Tibetan Buddhism, the information and directionality of making a protein is encoded in the ancient 'text' of the DNA. The A, C, G, and T of the DNA polymer can only chemically form in one direction, the double helix always has two strands running in opposite and complementary directions, the mRNA code always begins before the gene and always on one particular strand of the DNA, the mRNA polymer always forms with the ribonucleotides forming bonds in one particular direction, the protein chain always starts at one particular sequence in the mRNA, the amino acids of the protein always are added in one particular direction.

ཁ་ཕྱོགས་ལྡན་པའི་རང་བཞིན།

དེ་ལ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་དགྲོལ་བ་དང་། དེ་ནས་ཐོག་མར་བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་བཟོ་བ། དེ་རྗེས་སྲི་རྫས་བཟོ་བའི་བྱེད་རིམ་ནང་ཁ་ཕྱོགས་ལྡན་པའི་ངང་ཚུལ་ཏེ། དངོས་པོ་རྣམས་གང་དུ་རྒྱུ་བའི་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་པ་དེ་ཧ་ཅང་གལ་ཆེན་པོ་ཆགས་ཡོད། བྱེད་རིམ་སོ་སོའི་ཁ་ཕྱོགས་སྐོར་གྱི་ཆ་འཕྲིན་དེ་ནི་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་དེ་ཉིད་ཀྱི་ནང་དུ་འཁོད་ཡོད་ལ། གསང་བརྡ་དེས་ཕབ་ལེན་འཕྲུལ་འཁོར་ལ། "འདི་ནས་འགོ་ཚུགས་ཤིག རྒྱང་ཐག་འདིའི་བར་རྒྱུགས་ཤིག འདིར་མཚམས་ཞོག་ཅིག"ཅེས་ཀྱི་རྒྱུས་སྟོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནས(ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་གཞིར་བཟུང་སྟེ་བཟོས་པའི་)བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་ནང་དུའང་ཕབ་སྐྱུར་བྱེད་རིམ་གྱི་ཆེད་དུ་ཆ་འཕྲིན་གཅིག་མཚུངས་དེ་ག་འཁོད་ཡོད།

ཚེ་སྲོག་གི་རྣམ་པ་ཐམས་ཅད་ལ་མིན་ཡང་ཕལ་མོ་ཆེར་རང་རང་གི་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་ཡོད། དགོན་པའི་ནང་ཁྲོད་ཉིད་ཀྱི་བློ་རྩེ་གཅིག་སྒྲུབ་བའི་རིམ་པ་ལ་གཅིག་སོམས་དང་། བྱེད་རིམ་དེ་ནི་དཔེ་ཆའི་ནང་བཀོད་ཡོད་པ་སྟེ། སྣང་ཆེན་སྨྲོན་པ་དང་འདྲ་བའི་ཁྲོད་ཀྱི་སེམས་དེ་སེམས་འདུལ་བའི་རིམ་པ་དགུ་ཡི་ལམ་ནས་འགོ་འཛུགས་ཀྱི་ཡོད། རིམ་པ་དེ་རྣམས་རེ་རེ་བཞིན་ཁ་གསལ་བཀོད་ཡོད་པ་རེད། རིམ་པ་གཉིས་པར་འཇུག་པ་ལ་དེའི་སྔོན་དུ་རིམ་པ་དང་པོ་མཐར་ཕྱིན་པ་བྱེད་དགོས་ལ། རིམ་པ་གསུམ་པར་འཇུག་པ་ལ་དེའི་སྔོན་དུ་རིམ་པ་གཉིས་པ་མཐར་ཕྱིན་དགོས་པ་བཅས་ཡོད། འདི་ལ་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་པའི་རང་བཞིན་ཟེར་བ་རེད། སེམས་ཀྱི་སྣང་སྨྲོན་འདུལ་བའི་བརྡ་དང་ཉམས་ལེན་གྱི་ཁ་ཕྱོགས་ཁྲོད་ཀྱི་ཆེད་དུ་བོད་ཀྱི་ནང་ཆོས་ཀྱི་གནའ་དཔེའི་ནང་དུ་བྲིས་ཡོད་པ་བཞིན། སྲི་རྫས་བཟོ་བའི་བརྡ་དང་ཁ་ཕྱོགས་ཀྱི་རང་བཞིན་རྣམས་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གནའ་དཔེའི་ནང་དུ་བརྡ་སྒྲིག་བྱས་ནས་ཡོད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆ་མང་བསགས་འདུལ་སྟེང་གི་ཨེ་དང་། སི། ཛི། ཊི་རྣམས་རྫས་འགྱུར་གྱི་ཆ་ནས་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་རང་དུ་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། གཅུས་གཟུགས་ཉིས་རྩེག་དེ་ལ་ཡོད་པའི་ཞག་མ་གཉིས་པོ་དེ་རྟག་ཏུ་ཕན་ཚུན་གོ་ལྡོག་ཅིང་ཁ་གསབ་བྱེད་པའི་ཕྱོགས་སུ་རྒྱུགས་ཀྱི་ཡོད་པ་དང་། བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་དེ་རྟག་ཏུ་རིགས་རྫས་ཀྱི་སྔོན་དུ་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད་ཅིང་། རྟག་ཏུ་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཞག་མ་བྱེ་བྲག་པ་གཅིག་གི་ཐོག་ཏུ་ཆགས་ཀྱི་ཡོད། བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆ་མང་བསགས་འདུལ་དེ་རྟག་ཏུ་རེ་སོ་ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ་དང་ལྷན་དུ་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་ཅན་གཅིག་རང་དུ་འཆིང་སྦྱོར་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། སྲི་རྫས་ཀྱི་ཕྲེང་བ་དེ་རྟག་ཏུ་བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་རིམ་པ་བྱེ་བྲག་པ་གཅིག་ཏུ་འགོ་འཛུགས་ཀྱི་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་སྲི་རྫས་ཀྱི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་དག་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་ཅན་གཅིག་རང་དུ་ཁ་སྟོན་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༠ ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་ཨར་ཨེན་ཨེ་གཉིས་བསྡུར་བ། ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་ཨར་ཨེན་ཨེ་གཉིས་ཀ་ཉིང་སྐྱུར་ཡིན་ཡང་། ནང་གསེས་ཁྱད་པར་ཡོད་པ་དེས་ང་ཚོས་ཤེས་ཚོད་ལྟར་གྱི་ཚེ་སྲོག་གི་རྣམ་པར་གལ་གནད་གཟུང་གི་ཡོད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་སྒྲལ་ཚིགས་ལྷ་བུའི་མདངར་བཙུད་ཀྱི་རྫས་དེ་ནི་འཚོ་དབུགས་བྲལ་ཉིང་མདངར་ཡིན་ལ། ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་དེ་ནི་ཉིང་མདངར་རེད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ནི་ཞག་མ་ཉིས་ཅན་ཡིན་ལ། ཨར་ཨེན་ཨེ་ནི་ཞག་མ་རྐྱང་ལྡན་ཡིན། ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་ཨར་ཨེན་ཨེ་གཉིས་ལ་ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ་གསུམ་ཐུན་མོང་དུ་ཡོད། དེ་དག་ནི་གྲུཨ་ནིན་དང་། ཨེ་ཌ་ནིན། སཡི་ཊོ་སིན་བཅས་རེད། ཌི་ཨེན་ཨེ་ནང་གི་ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ་བཞི་པ་དེ་ཐཡེ་མིན་ཡིན་ནའང་། ཨར་ཨེན་ཨེ་ནང་དུ་ཡུ་ར་སིལ་རེད། ཁྱད་པར་འདི་ཚེ་སྣང་ཚུལ་ལ་ཆུང་ཆུང་ཡིན་ནའང་དོན་དངོས་སུ་གནད་འགག་ཆེན་པོའི་ཁྱད་ནུས་ཡོད།

We divide the process of transcription into three stages: initiation, elongation, and termination (Figure 31). For initiation, when the TSR protein is needed, other proteins, called **transcription factors**, receive the environmental signal that TSR is needed and find the specific DNA sequences for the gene encoding TSR in the chromosomes. This is not easy, since we have around 30,000 genes hidden among several million additional base-pairs of DNA. We don't know exactly how this 'finding a needle in a haystack' process works, that is, we don't know how the TSR gene or any other gene is found by transcription factors, but we do know that other proteins— some specific to the TSR gene and others general to most all genes—are involved.

CHECKING IN

Do you remember what a TSR does and why we're interested in it? If not, quickly refer back to earlier pages of this chapter for a refresher!

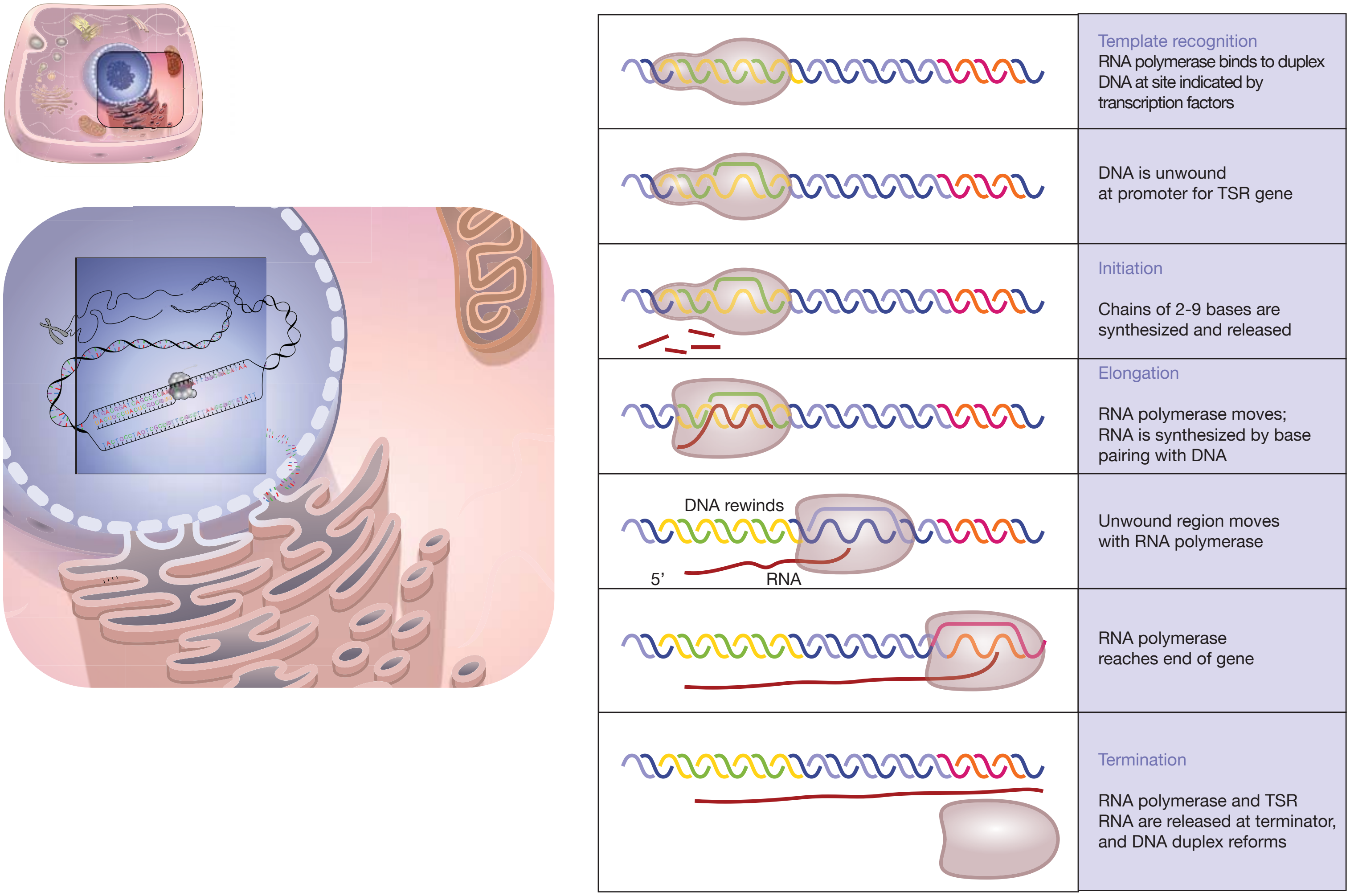


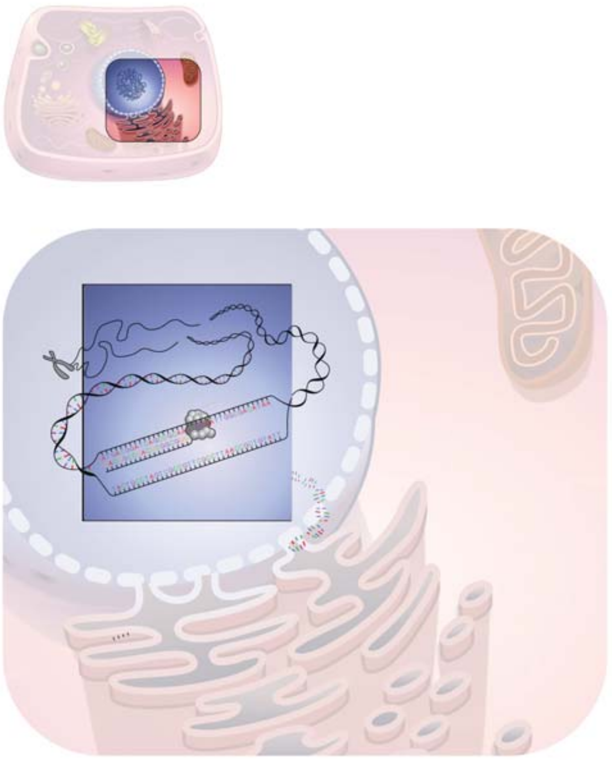
Figure 31: Transcription consists of three primary phases -- Initiation, Elongation, and Termination. In our example, when TSR is needed, other proteins bind to a specific DNA sequence that codes for the TSR. Once the binding occurs, TSR is transcribed into RNA by RNA polymerase. When RNA polymerase reaches the end of the gene, it is released from the DNA and releases the newly synthesized mRNA.

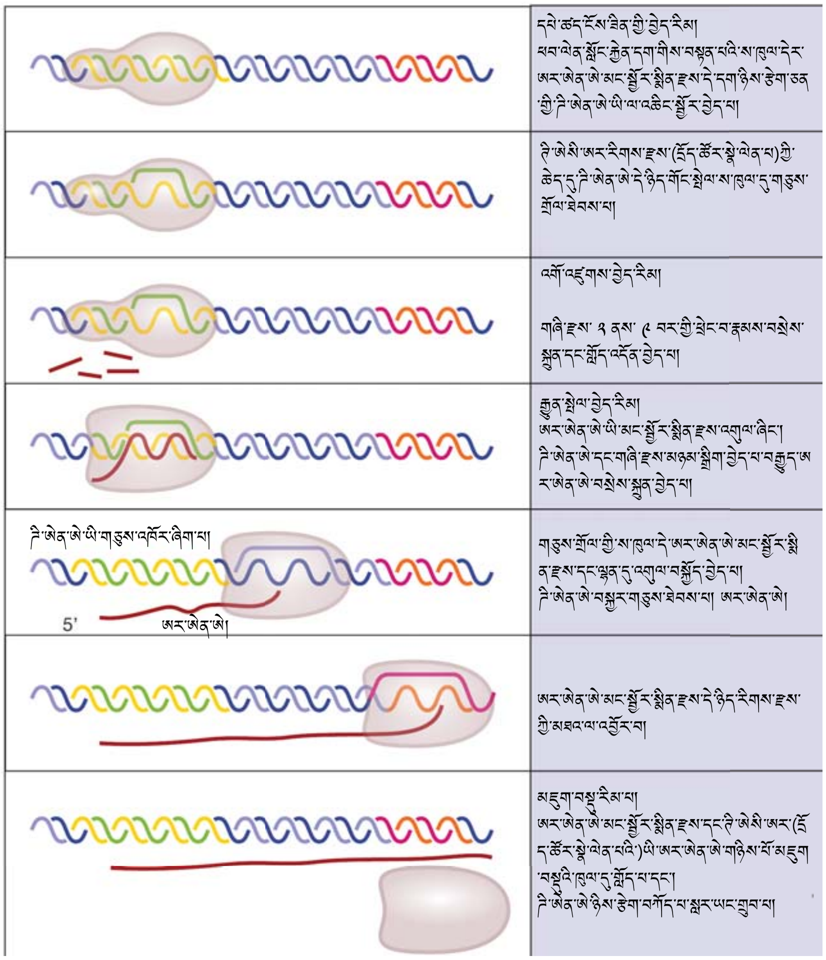
Once the TSR-specific transcription factors find and physically bind to the transcriptional initiation region (called the **promoter** region) of the TSR, the major general

ང་ཚོས་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་དུས་རིམ་གསུམ་དུ་བགོས་ཡོད་པ་ནི། འགོ་འཛུགས་རིམ་པ། རྒྱུན་སྤེལ་རིམ་པ། མཇུག་བསྡུ་རིམ་པ་བཅས་ཡིན། (དཔེ་རིས། ༣༡) འགོ་འཛུགས་རིམ་པའི་སྐབས་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་སྦྲི་རྫས་ཀྱི་དགོས་མཁོ་ནམ་བྱུང་བ་ན་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་སྦྲི་རྫས་གཞན་པ་དག་གིས་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་གྱི་དགོས་མཁོ་ཡོད་སྐོར་སྟོན་པའི་ཕོར་ཡུག་གི་བརྡ་འཕྲིན་བླངས་ནས། ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་ཁྲོད་དུ་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་བཟོ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་རིགས་རྫས་ཀྱི་ཊི་ཨེན་ཨེའི་འཕོད་རིམ་ངེས་ཅན་དེ་འཚོལ་བར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདི་ལས་སླ་པོ་ཞིག་མིན་ཏེ། ང་ཚོར་རིགས་རྫས་ ༡༠༠༠༠ སྐོར་ཡོད་པ་དེ་རྣམས་ཊི་ཨེན་ཨེའི་གཞི་མའི་ཆ་གྲུབ་འཕར་མ་ས་ཡ་ཁ་ཤས་ཡོད་པའི་ཁྲོན་དུ་ཡིབ་སྟེ་གནས་ཡོད་པའི་ཕྱིར། རྩ་ཕུང་གི་གསེབ་ཏུ་ཁབ་བྲ་འཚོལ་བ་ལྟ་བུའི་བྱེད་རིམ་སྟེ། ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་གྱི་རིགས་རྫས་སམ། ཡང་ན་རིགས་རྫས་གཞན་གང་ཡང་རུང་བ་ཞིག་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་དག་གིས་ཇི་ལྟར་འཚོལ་ཚུལ་འདི་དོན་དངོས་ཐོག་ཇི་ལྟར་བསྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད་པ་ང་ཚོས་ཇི་བཞིན་ཤེས་ཀྱི་མེད། འོན་ཀྱང་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་རིགས་རྫས་ལ་བྱེ་བྲག་ཏུ་འཇུག་པའི་སྦྲི་རྫས་ཁག་ཅིག་དང་། རིགས་རྫས་སྤྱི་ཡོངས་ཀྱི་རིགས་ཕལ་མོ་ཆེ་ལ་འཇུག་པའི་སྦྲི་རྫས་གཞན་གྱི་ཐེ་གཏོགས་ཡོད་པ་ང་ཚོས་ཤེས་ཀྱི་ཡོད།

ཧྥོག་ཞིབ་བྱེད་པ།

ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་(ཛྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་)ཡིས་བྱ་བ་གང་ཞིག་བསྒྲུབ་པ་དང་། ང་ཚོས་ཅིའི་ཕྱིར་དེར་དོ་སྣང་བྱེད་པ་བཅས་ཁྱོད་ཀྱིས་དྲན་གྱི་འདུག་གམ། གལ་ཏེ་མི་དྲན་ན། དྲན་གསོ་བའི་ཕྱིར་དུ་མྱུར་བར་སློབ་ཚན་འདིའི་ཤོག་ལྷེ་སྔ་མ་རྣམས་ལ་བསྐྱར་བཤེར་གྱིས།





དཔེ་རིས། ༣༡ ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་ལ་རིམ་པ་གཙོ་བོ་གསུམ་ཡོད་པ་ནི། འགོ་འཛུགས་རིམ་པ་དང་། རྒྱུན་སྤེལ་རིམ་པ། མཇུག་བསྡུ་རིམ་པ་བཅས་ཡིན། ང་ཚོའི་དཔེ་མཚོན་ནང་དུ། ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་(ཛྲོད་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་)མཁོ་བའི་སྐབས་སྦྲི་རྫས་གཞན་དག་གིས་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་(ཛྲོད་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ) བཟོ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་རིམ་ཚན་ངེས་ཅན་ཞིག་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འཆིང་སྦྱོར་ཟིན་པ་ན་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ནང་དུ་ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་(ཛྲོད་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་)ཕབ་ལེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་དེ་ཉིད་རིགས་རྫས་ཀྱི་མཐའ་རུ་སླེབས་སྐབས་དེ་ཉིད་ཊི་ཨེན་ཨེ་ནས་གློད་འདོན་བྱེད་ལ། དེ་དང་ལྷན་དུ་གསར་དུ་སྦྱོར་སྐྲུན་བྱས་པའི་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡང་གློད་ཀྱི་ཡོད།

ཀྲེ་ཨེསི་ཨར་ལ་ཆེད་དུ་དམིགས་འཛུགས་པའི་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་རྣམས་ཀྱིས་ཕབ་ལེན་འགོ་འཛུགས་སའི་ས་ཁུལ་(གོང་སྤེལ་ས་ཁུལ་ཞེས་སུ་འབོད་པ་དེ་)རྙེད་ནས་དེར་དངོས་སུ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཙ་ན། ཨར་ཨེན་ཨེའི་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་ཏེ་སྤྱིར་བཏང་ཕབ་ལེན་གྱི་སྨིན་རྫས་གཙོ་བོ་དེས་ཁུལ་དེར་འཆིང་སྦྱོར་གྱིས་རྒྱུན་སྤེལ་བྱེད་རིམ་འགོ་འཛུགས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

transcription enzyme, RNA polymerase, binds to the region and begins the process of elongation. Eventually RNA polymerase reaches termination DNA sequences at the end of the TSR-gene. The polymerase slows down, attracting termination proteins, and the RNA chain is ended.

The TSR mRNA polymer is now carried out of the nucleus by other proteins. The proteins carry TSR mRNA through pores, also made of proteins, that reside in the lipid bilayer of the nuclear membrane. Once they reach the cytoplasm, mRNA moves to **ribosomes**. Ribosomes are made of proteins and another kind of RNA called ribosomal RNA (rRNA). The ribosomes and rRNA, like all proteins and RNA, are also encoded by DNA in the nucleus. Ribosomes are the factories where proteins are made based on the code in the mRNA. Ribosomes work with directionality much like assembly lines in a car factory. Each step must come before the next in a particular order and direction for the process to work. The process by which proteins are made is called translation.

TRANSLATION

One reason cells have membranes is to separate, and thus more easily regulate different parts of the cells, different parts with different functions. All of our cells have membranes, allowing each cell to monitor itself and have its own identity. Within each cell, as we discussed, other membranes separate off organelles that have their own important functions. Can you think of a way this may be relevant to our discussion of TSR?

Remember that in our story we are making temperature sensitive receptors. And remember we want these receptors to end up in the outer cell membranes of the keratinocytes. Translation of proteins like TSR that will eventually go to the outer membrane occurs directly on a network of inner membranes, because it is in this network that the proteins are refined and carried all the way to the outer cell membrane. As you can see in Figure 32, translation of TSR happens at ribosomes that sit on a part of this membrane network called **endoplasmic reticulum**.

Messenger RNA always moves through the ribosomes in one particular direction. Just like with DNA and the process of transcription, the direction and starting point for making a protein are encoded in the mRNA itself. When the mRNA is bound to the ribosome, transfer RNA (tRNA) recognizes mRNA ribonucleotides in sets of three known as **codons**. A particular tRNA recognizes the codon and binds to it with one part of itself (Figure 32). At the opposite end the tRNA carries the particular amino acid encoded by that mRNA codon.

BINDING

Many times in our discussion of biological processes like transcription and translation, we mention that one molecule interacts with or 'binds to' another. What is meant by this? If you think about it, you might already know the answer. All biologic molecules are made up of the same few basic atoms. Each molecule has its own unique shape based on the chemical interactions of its own atoms. This shape is directly related to its function, and biologic molecules perform their functions by 'binding to' other molecules. The chemical personality of the two molecules that are involved in the binding allows them to bind to each other. Just like the two hydrogen atoms and one oxygen atom of water allow them to bind to form a molecule of water (or sodium and chloride ions combine to form NaCl), more complicated molecules—like transcription factor proteins and DNA— interact with each other based on their shape and charges.

NAMING ENZYMES

You can tell what most enzymes do based on their name; RNA polymerase builds an RNA polymer by connecting ribonucleotides in a linear sequence determined by the corresponding nucleotide in the DNA. So, at its active site, RNA polymerase binds DNA as well as the complementary ribonucleotide and catlyzes the formation of the covalent chemical bond between each ribonucleotide and the one before and after it. In this way, a single-stranded linear polymer is built. Like most enzymes, RNA polymerase uses ATP as a source of energy to carry out this reaction. The enzyme can produce an entire mRNA from the DNA code in a matter of minutes.

མཐར་ཨར་ཨེན་ཨེ་མང་སྦྱོར་སྣིན་རྫས་དེ་ཏེ་ཨེསི་ཨར་རིགས་རྫས་ཀྱི་མཐའ་སྣེར་འཁོད་པའི་མཇུག་བསྡུའི་ཊེ་ཨེན་ཨེའི་བང་རིམ་ལ་འབྱོར་གྱི་ཡོད། མང་སྦྱོར་སྣིན་རྫས་དལ་དུ་འགྲོ་བ་ལས་མཇུག་བསྡུའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་འགྱུག་ཅིང་། ཨར་ཨེན་ཨེའི་ཕྲེང་བ་མཚམས་ཆོད་པར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

དེ་ནས་ཏེ་ཨེསི་ཨར་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་དེ་ཉིད་སྤྲི་རྫས་གཞན་དག་གིས་ཉིང་རྟུལ་གྱི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་འཁྱེར་གྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཏེ་ཨེསི་ཨར་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་དེ་ཉིད་སྤྲི་རྫས་གཞན་དེ་དག་གིས་ཉིང་རྟུལ་སྐྱི་མོའི་ལི་ཚིལ་རིམ་པ་ཉིས་ཅན་གྱི་ནང་ལོགས་སུ་འཁོད་ཅིང་སྤྲི་རྫས་ལས་གྲུབ་པའི་བུ་ག་དག་བརྒྱུད་ནས་འཁྱེར་གྱི་ཡོད། དེ་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གཤེར་རྫས་ཁྲོད་དུ་འབྱོར་བ་དང་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིད་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་སུ་བཞུད་ཀྱི་ཡོད། ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་རྣམས་ནི་སྤྲི་རྫས་དང་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་རང་བཞིན་གྱི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(ཨར་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཞེས་སུ་འབོད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེའི་རིགས་གཞན་ཞིག་བཅས་ལས་གྲུབ་པ་རེད། སྤྲི་རྫས་དང་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཀུན་དང་འདྲ་བར་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་དང་ཨར་ཨར་ཨེན་ཨེ་རྣམས་ཀྱང་ཊེ་ཨེན་ཨེ་ཡིས་ཉིང་རྟུལ་ནང་དུ་བཟོ་སྒྲིག་བྱེད་པ་ཞིག་རེད། ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ནི་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་གསང་བརྡ་ལ་གཞི་བཅོལ་ཏེ་སྤྲི་རྫས་བཟོ་སའི་བཟོ་གྲྭ་དེ་ཡིན་ལ། མོ་ཏའི་བཟོ་གྲྭ་ནང་གི་ལྷུ་སྒྲིག་སྡེ་ཚན་ཇི་བཞིན་དུ་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་དག་གིས་ཁ་ཕྱོགས་ཀྱི་ལམ་སྟོན་འོག་བྱེད་ལས་རྩོམ་གྱི་ཡོད། བྱེད་རིམ་དེ་ལམ་དུ་འགྲོ་བར་རིམ་པ་རེ་རེ་ནས་ངེས་པར་དུ་རང་གི་རིམ་པ་ཕྱི་མའི་སྔོན་དུ་ཁ་ཕྱོགས་དང་གོ་རིམ་ངེས་ཅན་ཞིག་གི་འོག་འགྲོ་དགོས་ཀྱི་ཡོད། སྤྲི་རྫས་བཟོ་བའི་བྱེད་རིམ་དེ་ལ་ཕབ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ཞེས་འབོད་པ་རེད།

ཕབ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ།

ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་སྐྱི་མོ་ལྡན་པའི་རྒྱུ་མཚན་གཅིག་ནི་བྱེད་ལས་ཐ་དད་ཡོད་པའི་ཆ་ཤས་ཐ་དད་པ་རྣམས་ཁག་ཁག་ཏུ་འབྱེད་རྒྱུ་དེ་རེད། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་ཐ་དད་པ་རྣམས་ལ་སྟངས་འཛིན་ལས་སླ་བར་བྱེད་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་ཐམས་ཅད་ལ་སྐྱི་མོ་ཡོད་ཅིང་། དེས་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོར་ངོས་འཛིན་ལོགས་སུ་སྤྱིན་ལ། རང་གིས་རང་ལ་བྱ་ར་བྱེད་ནུས་པར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། ང་ཚོས་གོང་དུ་གླེང་བ་བཞིན། ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ནང་གི་སྐྱི་མོ་གཞན་རྣམས་ཀྱིས་སོ་སོར་བྱེད་ལས་གལ་ཆེན་དང་ལྡན་པའི་དབང་ཕྲ་རྣམས་ཁག་ཁག་སོ་སོར་འབྱེད་ཀྱི་ཡོད། གནད་དོན་འདི་དང་ང་ཚོས་གླེང་བཞིན་པའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་གྱི་བར་ལ་འབྲེལ་བ་ཡོད་སྟངས་ཤིག་ཁྱོད་ཀྱི་བསམ་བློ་འཁོར་གྱི་འདུག་གམ།

ང་ཚོའི་ཤོད་བཞིན་པའི་སྐབས་དེའི་ནང་ང་ཚོས་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྡེ་ལེན་པ་ཞིག་བཟོ་སྐྲུན་བྱེད་བཞིན་ཡོད་པ་དེ་ཁྱོད་ཀྱིས་དྲན་དགོས། དེར་མ་ཟད། སྡེ་ལེན་པ་འདི་རྣམས་མཐར་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་ནང་སྙིབས་པར་འདོད་པ་དེའང་དྲན་དགོས་པ་ཡིན། མཐར་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་བར་བགྲོད་པའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་ལྷ་བུའི་སྤྲི་རྫས་དག་གི་ཕབ་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་དེ་ཐད་ཀར་སྐྱི་མོ་ནང་མའི་དྲ་ཟེང་གི་སྟེང་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། གང་ཡིན་ཞེ་ན། སྤྲི་རྫས་རྣམས་དག་གཙང་བཟོས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་བར་འཁྱེར་འགྲོ་བའི་བྱ་གཞག་འདི་ཀུན་དྲ་ཟེང་འདི་ཉིད་ཀྱི་ནང་དུ་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད་པས་ཡིན། ཁྱོད་ཀྱིས་དཔེ་རིས་ ༡༣ ནང་མཐོང་བ་བཞིན། ། ཏེ་ཨེསི་ཨར་འདིའི་ཕབ་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་དེ་གཤེར་ནང་དྲ་ཚོགས་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་སྐྱི་མོའི་དྲ་ཟེང་དེའི་ཆ་ཤས་སུ་ཆགས་པའི་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་སུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡིས་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་རྒྱུད་དུ་རྟག་ཏུ་ཁ་ཕྱོགས་ངེས་བཟུང་གཅིག་ཏུ་རྒྱུ་བ་རེད། ཊེ་ཨེན་ཨེ་དང་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་དག་ལ་བྱུང་བ་ཇི་བཞིན་དུ། སྤྲི་རྫས་ཤིག་བཟོ་བའི་ཁ་ཕྱོགས་དང་འགོ་འཛུགས་ས་ཚིགས་བཅས་པ་ནི་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་རང་ཉིད་ཀྱི་ནང་དུ་བཟོ་སྒྲིག་བྱེད་དེ་གནས་ཡོད། ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་དང་འབྱར་ཏེ་ཡོད་སྐབས་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡིས་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་གྲུབ་ཆར་གྱུར་པའི་ཉིང་མངར་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆའི་གསུམ་སྡེ་གསུམ་སྡེར་ངོས་ཟིན་གྱི་ཡོད་ཅིང་། གསུམ་སྡེ་དེ་ལ་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་ཞེས་སུ་འབོད་ཀྱི་ཡོད། ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡི་རིགས་ངེས་ཅན་ཞིག་གིས་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་དེ་ངོས་ཟིན་ཏེ་རང་གི་ཆ་ཤས་ཤིག་གིས་དེར་འཁྱུད་ཀྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༡༣) ལྡོག་ཕྱོགས་ཀྱི་སྡེ་མོ་དེར་ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེས་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡས་བཟོ་སྒྲིག་བྱས་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་དབོར་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་རིམ།

ཕབ་ལེན་དང་ཕབ་སྒྱུར་ལྟ་བུའི་སྐྱི་ལྡན་བྱེད་རིམ་སྐོར་གྱི་བགྲོ་གླེང་ནང་ང་ཚོས་ལན་དུ་མར་འདུས་རྟུལ་གྱི་རིགས་གཅིག་འདུས་རྟུལ་གྱི་རིགས་གཞན་ཞིག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའམ། ཡང་ན་'འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྒོར་གླེང་གིན་ཡོད། འདིས་གོ་དོན་གང་ཞིག་མཚོན་གྱི་ཡོད་དམ། གལ་སྲིད་ཁྱོད་ཀྱིས་འདིའི་སྒོར་བསམ་གཞིག་བྱས་ཡོད་ན། ཐལ་ཆེར་དེའི་ལན་ཁྱོད་ཀྱིས་ཞེས་ཟིན་པ་ཞིག་ཡིན་ཚོག སྐྱེ་ལྡན་རང་བཞིན་གྱི་འདུས་རྟུལ་ཐམས་ཅད་གཞི་རིམ་གྱི་རྟུལ་ཕྲན་གཅིག་མཚུངས་ཁྱུང་ཤས་ཤིག་གིས་གྲུབ་པ་རེད། རང་གི་རྟུལ་ཕྲན་ཕན་ཚུན་དབར་བྱུང་བའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་སྦྲེལ་སྦྱོར་ལ་བརྟེན་ནས་འདུས་རྟུལ་དེ་རེ་རེ་ལ་དམིགས་བསལ་གྱི་ཆགས་དབྱིབས་རེ་ཡོད་པ་དང་། ཆགས་དབྱིབས་འདི་ཡང་སོ་སོའི་བྱེད་ལས་དང་ཐད་ཀར་འབྲེལ་བ་ཡོད་ལ། སྐྱི་ལྡན་འདུས་རྟུལ་རྣམས་ཀྱིས་འདུས་རྟུལ་གཞན་དང་ལྷན་དུ་'འཆིང་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་''སྤེལ་ཏེ་རང་གི་བྱེད་ལས་རྩོམ་གྱིན་ཡོད། འཆིང་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་དུ་ཞུགས་པའི་འདུས་རྟུལ་གཉིས་པོའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རང་གཤིས་ལ་བརྟེན་ནས་འདི་གཉིས་ཕན་ཚུན་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། ཆུའི་ནང་གི་ཡང་རྟུལ་གཉིས་དང་འཚོ་རླུང་གི་རྟུལ་གཅིག་ཡོད་པ་དེ་དག་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་དུ་བཙུག་པ་ལས་ཆུའི་འདུས་རྟུལ་གྲུབ་པ་(ཡང་ན་སོ་ཌི་ཡམ་དང་ཁྲུ་ལོ་རིན་གྱིས་རྟུལ་མཉམ་སྦྱེབ་བྱས་པ་ལས་ NaCl གྲུབ་པ་)ཇི་བཞིན་དུ། ཕབ་ལེན་གྱི་རྐྱེན་དུ་གྱུར་པའི་སྤྲི་རྫས་དང་ཊེ་ཨེན་ཨེ་ལྟ་བུ་རློག་འཛིང་ཆེ་བའི་འདུས་རྟུལ་རྣམས་ཀྱང་རང་གི་དབྱིབས་དང་གློག་ཁུར་གཞིར་བྱས་ཏེ་ཕན་ཚུལ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

སྨིན་རྫས་ལ་མིང་འདོགས་བྱེད་པའི་རྒྱུད་རིམ།

སྨིན་རྫས་ཕལ་མོ་ཆེས་རང་རང་གི་བྱ་བ་གང་ཞིག་སྒྲུབ་མིན་ནི་དེའི་མིང་ལ་བལྟས་ནས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཤོད་ཐུབ། ཨར་ཨེན་ཨེ་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་ཊེ་ཨེན་ཨེ་ནང་གི་ངོ་བླའི་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་དང་མཐུན་པའི་ཕྲེང་བ་ཕྱོགས་གཅིག་པའི་རེ་སྒོ་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་རྣམས་ཕན་ཚུན་མཐུད་པའི་སྒོ་ནས་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་བཟོ་སྒྲུབ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ཨར་ཨེན་ཨེ་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་རང་གི་སྐྱིན་སྦྱོར་གྱི་གཞིར་ཊེ་ཨེན་ཨེ་དང་ཁ་སྐོང་གི་རེ་སྒོ་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་རྣམས་འཆིང་སྡོམ་བྱེད་པ་མ་ཟད། རེ་སྒོ་ཉིང་རྟུལ་གྱི་གྲུབ་ཆ་རེ་རེ་ནས་རང་གི་རྒྱབ་མདུན་གྱི་གྲུབ་ཆ་རེ་རེ་དང་མཉམ་དུ་མཉམ་བགོད་འཆིང་སྦྱོར་འགྲུབ་པའི་སྐྱུལ་སློང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཚུལ་འདིའི་སྒོ་ནས་ཞག་མ་རྐྱང་པ་ཅན་གྱི་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་ཁ་ཕྱོགས་རྐྱང་པ་བ་ཞིག་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། སྨིན་རྫས་གཞན་ཕལ་མོ་ཆེ་དང་འདྲ་བར་ཨར་ཨེན་ཨེ་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་ལས་སྦྱོར་འདི་བསྒྲུབ་པའི་ཆེད་དུ་ཨེ་ཊེ་པི་དེ་བཞིན་ནུས་པའི་འབྱུང་ཁུངས་སུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཊེ་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་བརྒྱུད་སྨིན་རྫས་འདིས་ `ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཆ་ཚང་བ་སྐར་མ་ཁ་ཤས་ཀྱི་ནང་བཟོ་སྐྲུན་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད།

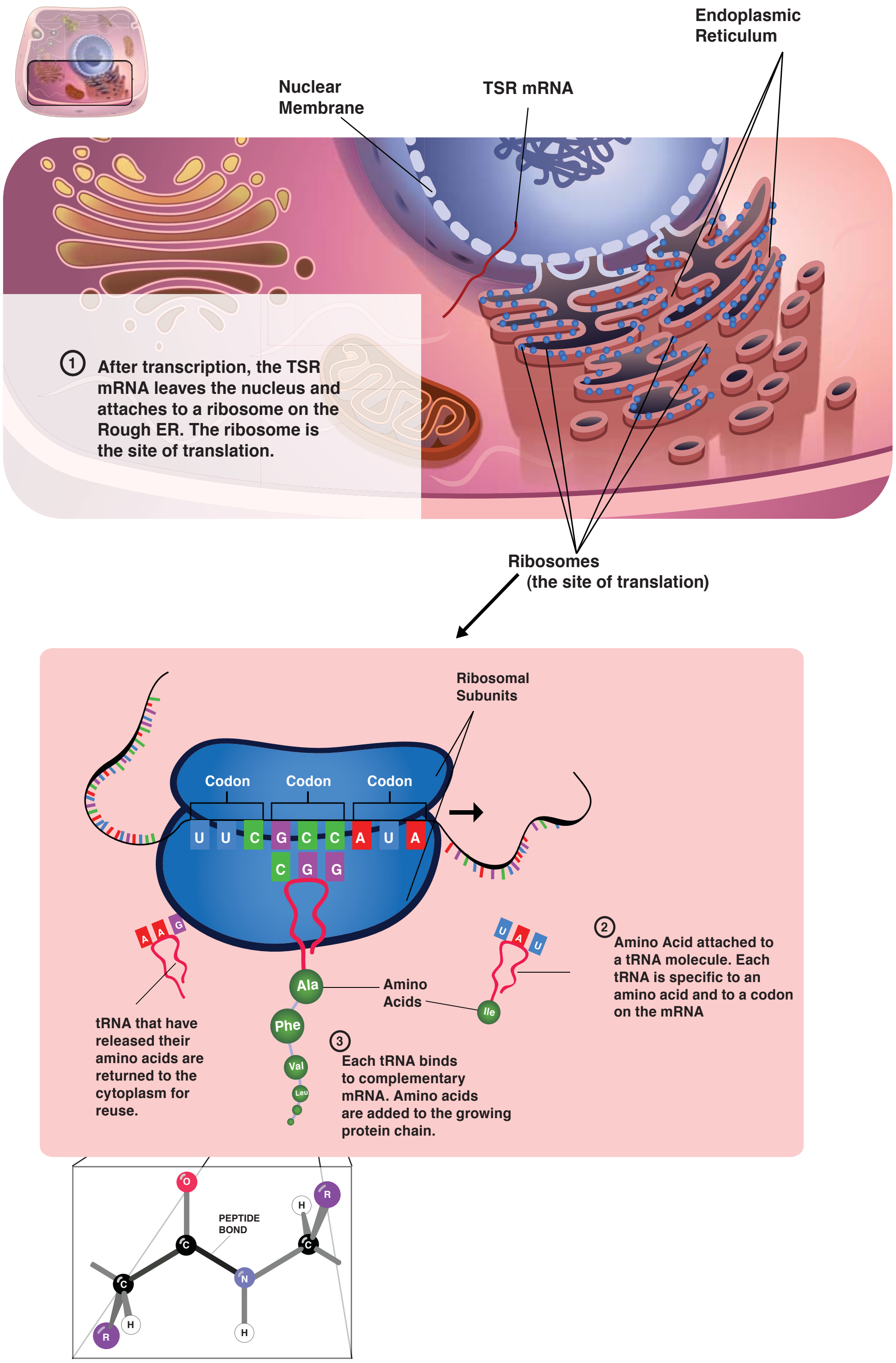


Figure 32: Translation. Translation occurs at the ribosomes, which are protein factories. mRNA moves through the ribosomes in one direction. tRNA recognize mRNA nucleotides in sets of three known as codons. When the tRNA is in the right position, an enzyme catalyzes the formation of a bond between the amino acid carried by the tRNA and the existing chain of amino acids. This bond between amino acids is called a peptide bond.

RNA WORLD: RNAs DO EVERYTHING

We'll probably never know for sure what the first molecules of life-to-be were like, or even exactly what the Earth was like those billions of years ago when life started on our planet. But research over the last decade suggests that the first 'life molecule' was probably RNA. Scientists have discovered that RNA can do just about anything in a cell; it is involved in virtually every process in a cell in virtually all organisms. For example, in order to make proteins, at least four different kinds of RNA are required: (1) as you've been learning, RNA (mRNA) carries the future-protein code from the DNA to ribosomes to translate proteins; (2) other RNAs are involved in refining the mRNA before it leaves the nucleus to go the protein factories; (3) also, ribosomes themselves are built partially of an RNA called rRNA; and (4) the process of translation, reading the mRNA to make a protein requires yet another class of RNA, called transfer RNA or tRNA.

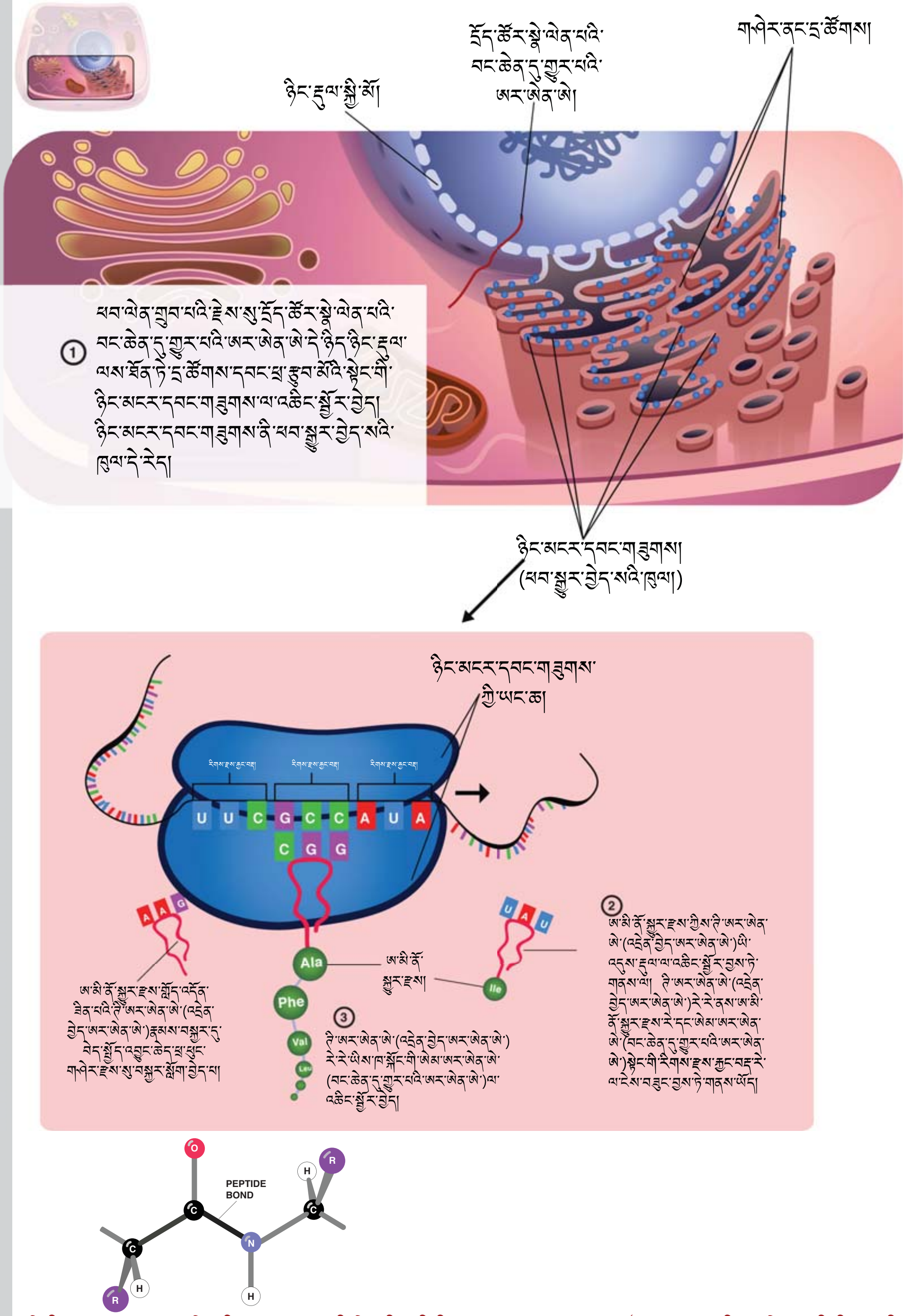
In 1989, Thomas Cech won a Nobel Prize for demonstrating an additional function for RNA, a function no one had previously suspected. Cech showed that certain RNAs can act as enzymes—molecules, remember, that greatly speed up biochemical reactions without themselves being chemically altered. Since then, scientists have discovered that RNA also helps regulate the transcription of many genes. The fact that RNA can do just about anything in the cell and in so many different organisms suggests to many that some version of RNA was the molecule that got life started.

Assuming that RNA really did come first on Earth, develop a hypothesis to explain how RNA might have evolved into DNA.

ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་འཛིག་རྟེན།   ཨར་ཨེན་ཨེ་དག་གིས་ལས་ཐམས་ཅད་སྒྲུབ་པར་བྱེད།

ཚེ་སྲོག་གི་རྣམ་པར་འཕོ་རྒྱུད་ཀྱི་འདུས་རྫུལ་དང་པོ་རྣམས་གང་འདྲ་ཞིག་ཡོད་པ་ང་ཚོས་ཐག་ཆོད་པོའི་སློ་ནས་ཕལ་ཆེར་ནམ་ཡང་ཤེས་རྒྱུ་མ་རེད། ཡང་། ལོ་ཐེར་འབུམ་མང་པོ་དེ་དག་གི་གོང་དུ་འཛམ་གླིང་འདིར་ཚེ་སྲོག་ཐོག་མར་འགོ་ཚུགས་སྐབས་ང་ཚོའི་གོ་ལ་འདི་ཇི་འདྲ་བ་ཞིག་ཡོད་པ་ང་ཚོས་ཇི་མ་ཇི་བཞིན་ཕལ་ཆེར་ནམ་ཡང་ཤེས་རྒྱུ་མ་རེད། དེ་ལྟར་ནའང་འདས་པའི་བགྲང་བྱ་བཅུའི་རིང་བསྐྱངས་པའི་ཞིབ་འཇུག་དག་གིས་''ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྫུལ་''དང་པོ་དེ་ཕལ་ཆེར་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིན་པའི་སྣེ་སྟོན་བྱས་ཡོད། ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིས་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཧ་ལམ་བྱེད་ལས་ཀུན་སྒྲུབ་པའི་ཚུལ་དེ་ཚན་རིག་པར་རྟེན་ཡོད། ཧ་ལམ་སྐྱེ་ལྡན་ཡོད་དོ་ཅོག་གི་ཕྲ་ཕུང་དུ་འབྱུང་བའི་བྱེད་རིམ་ཧ་ལམ་ཡོད་དོ་ཅོག་ནང་འདིའི་ཐེ་གཏོགས་ཡོད། དཔེར་མཚོན་ན། སྤྲི་རྫས་ཤིག་བཟོ་སྒྲུབ་བྱེད་པར་ཉུང་མཐར་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་རིགས་བཞི་མཁོ་བ་ནི། ༡༽ ཁྱོད་ཀྱིས་སློབ་བཞིན་པ་ལྟར་སྤྲི་རྫས་ཕབ་སྐྲུར་བྱེད་པའི་ཆེད་དུ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡིས་ཊི་ཨེན་ཨེ་ནས་ཉིང་མདར་དབང་གཟུགས་ཀྱི་བར་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་སྤྲི་རྫས་དེའི་གསང་བརྡ་དཔོར་འདྲེན་བྱེད་པ་དང་། ༢༽ སྤྲི་རྫས་ཀྱི་བཟོ་གྲྭར་བཞུད་པའི་ཆེད་དུ་ཉིང་རྫུལ་ལས་མ་ཐོན་གོང་དུ་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)དེ་ཉིད་དྭངས་གཙང་དུ་བཟོ་བའི་བྱེད་རིམ་དེར་ཨར་ཨེན་ཨེ་གཞན་མང་པོ་ཞིག་མཉམ་ཞུགས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ༣༽ དེར་མ་ཟད། ཉིང་མདར་དབང་གཟུགས་དེ་དག་ཉིད་཮ང་ཆ་ཤས་ཙམ་ཞིག་ཨར་ཨར་ཨེན་ཨེ་(ཉིང་མདར་དབང་གཟུགས་སུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ནི་འཁོད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིས་གྲུབ་པ་དང་། ༤༽ ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)དེ་ཉིད་བཀླག་སྟེ་སྤྲི་རྫས་བཟོ་བའི་ཕབ་སྐྲུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དེར་ཊི་ཨར་ཨེན་ཨེ་སྟེ་འདྲེན་བྱེད་ཨར་ཨེན་ཨེ་རུ་འབོད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་སྡེ་ཚན་གཞན་ཞིག་གི་དགོས་མཁོ་ཡོད་པ་བཅས་རེད།

ཨར་ཨེན་ཨེ་ལ་དེ་སྔོན་སུ་ཞིག་གི་རྣམ་རྟོག་ལ་འཆར་སྒོ་མེད་པའི་བྱེད་ལས་འཕར་མ་ཞིག་ཡོད་པ་དེ་ཐོ་མསི་ཅེག་གིས་གསལ་སྟོན་བྱས་པར་བརྟེན། ཁོང་ལ་ཕྱི་ལོ་ ༡༩༨༩ ལོའི་ནོ་སྦེལ་གཟེངས་རྟགས་ཐོབ་ཡོད།   ཁོང་གིས་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཁག་ཅིག་གིས་སྨིན་རྫས་ཀྱི་བྱ་བ་བྱེད་པ་བསྟན་ཡོད། དེ་ལ་སྨིན་རྫས་ཞེས་པ་འདུས་རྫུལ་གྱི་རིགས་གང་ཞིག་རང་གི་ངོ་བོར་རྫས་འགྱུར་གྱི་འགྱུར་ལྡོག་གང་ཡང་བྱུང་མ་དགོས་པར་གཞན་སྟེང་གི་སྐྱེ་ལྡན་རྫས་འགྱུར་གྱི་ལས་སྦྱོར་ཆེས་མགྱོགས་མྱུར་སྐྱོས་སྐྱལ་བྱེད་ཞིག་ལ་ཟེར་བ་འདིར་དྲན་དགོས། དེ་རྗེས་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིས་རིགས་རྟགས་དུ་མའི་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ་ལ་ཚོད་འཛིན་ཡང་བྱེད་པ་གསར་དུ་ཤེས་ཡོད། ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིས་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་དང་། སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རིགས་ཧ་ཅང་མང་པོའི་ནང་དུ་ཧ་ལམ་བྱ་བ་གང་ཡང་བྱེད་ཐུབ་པའི་དངོས་དོན་འདིས་ཚེ་སྲོག་གི་ཐོག་མའི་འཇུག་པ་དེ་ཡང་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་རིགས་ཤིག་གིས་སྐྱལ་སློང་བྱས་པའི་ཕྱོགས་སུ་སྐྱེ་བོ་མང་པོར་བློ་སྣ་ཐུབ་ཡོད།   དེས་ན་ཁྱོད་ཀྱིས། དོན་ངོ་མར་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་ཡོད་ཚད་ཀྱི་ཐོག་མར་ཨར་ཨེན་ཨེ་བྱུང་བ་གཞིར་བཟུང་བྱས་པའི་སློ་ནས་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིད་རིམ་གྱིས་ཊི་ཨེན་ཨེའི་ངོ་བོར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཚུལ་སྟོན་པའི་ཚོད་རྟོགས་ཤིག་སྒྲིགས།



དཔེ་རིས། ༣༢   ཕབ་སྐྲུར་བྱེད་རིམ།   ཕབ་སྐྲུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནི་ཉིང་མདར་དབང་གཟུགས་ཡོད་སར་འགྲུབ་ཅིང་། དེ་དག་ནི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་བཟོ་གྲྭ་རེད། ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)དེ་ཉིང་མདར་དབང་གཟུགས་བརྒྱུད་དེ་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་བགྲོད་ལ།   ཊི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(འདྲེན་བྱེད་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡིས་རིགས་རྟགས་རྐང་བཞ་རུ་འབོད་པའི་གསུམ་ལྡན་ཚན་པའི་ངོ་བོར་གྲུབ་པའི་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡི་ཉིང་རྫུལ་གྲུབ་ཆ་ངོས་འཛིན་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད།   ཊི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(འདྲེན་བྱེད་ཨར་ཨེན་ཨེ་)དེ་ཉིད་འཁོད་གནས་རན་འཚམས་ཤིག་ལ་འགྲོར་སྐབས་སྨིན་རྫས་ཤིག་གིས་ཊི་ཨར་ཨེན་ཨེ་(འདྲེན་བྱེད་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡིས་ཁྱེར་བའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དང་དེ་སྔར་འཁོད་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་ཕྲེང་བའི་དབར་འཆིང་སྦྱོར་ཞིག་སྒྲུབ་པར་ཡར་སྐུལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཕན་ཚུན་གྱི་འཆིང་བ་འདི་ལ་པེབ་ཊ་ཡི་ཊིའི་འཆིང་བ་ཞེས་འབོད་པ་རེད།

To review: at the ribosome, each codon (set of three ribonucleotides) in the mRNA attracts a particular tRNA that carries the corresponding amino acid encoded in the mRNA. Then the very next codon is recognized by another tRNA which transfers its amino acid into the ribosome and onto the previous amino acid. All of these reactions happen within the active sites of the ribosome. When the two amino acids are aligned in the right direction in the ribosome's active site, an enzyme catalyzes the formation of a particular type of covalent bond called a peptide bond between them. This process goes on until the information in the mRNA encodes one of three 'stop codons', at which time the ribosome stops translation, and the primary structure of the protein is complete.

Newly-made TSR protein now moves through all the different parts of the internal membrane network of the keratinocyte—from the endoplasmic reticulum to the Golgi apparatus, and finally to the outer cell membrane (Figure 33). TSR is woven into the cell membrane, probably with the help of other proteins, in just the right way so that it is ready to receive information from the external environment—information such as 'this cup is hot!' At each stage of its movement through the internal membrane network, TSR protein is chemically modified, then packaged into a membrane-bound ball

First letter	Second letter: U	Second letter: C	Second letter: A	Second letter: G	Third letter
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA Leu	UCA	UAA Stop	UGA Stop	A
	UUG	UCG	UAG Stop	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA Gln	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA Glu	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

Table 2: The genetic code.

THE GENETIC CODE

After DNA was determined to be the genetic material and its structure was discovered, the next challenge for scientists was to determine how its code is read. Many researchers working together found that DNA code, transcribed into mRNA, is read in groups of three ribonucleotides. Each group of three is called a codon, and each codon gives information about which, if any, amino acid should be inserted in the growing protein polymer.

There are only four ribonucleotides, and so at each of the three positions of a codon, there are four different possibilities. Thus, there are 4 X 4 X 4 = 64 possible codons. They and the amino acids they encode are shown in Table 2. Remember that instead of thymine (T), RNA uses uracil (U) to pair with adenine (A). In the table note that: (1) the genetic code is redundant, that is, many amino acids are encoded by more than one codon; (2) Only one codon (AUC, for the amino acid methionine) signals the beginning of all proteins and only three codons (UGA, UAG, and UAA – none of which encodes an amino acid) signals the end of proteins; (3) how incredibly beautiful and simple the whole thing is: a mere four nucleotides encode just 20 amino acids that go on to compose all the music of life on Earth—every protein for every organism.

Experimental questions to consider: design an experiment in which you could figure out the genetic code. Why might the genetic code be redundant (hint: most of the redundant codons are different only in the third position)?

འདིར་བསྐྱར་ཞིབ་ཅིག་བྱེད་ན་འདི་ལྟར། ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ཡོད་ས་དེར་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡི་ནང་གི་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་(ཉིང་མངར་ཉིང་རྩལ་གྲུབ་ཚའི་གསུམ་སྡེ་ཞིག་)རེ་རེས་ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡི་རིགས་ངེས་ཅན་ཞིག་རང་ཕྱོགས་སུ་འགུག་ལ། དེ་ལྟར་དུ་བཀུག་པའི་ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེས་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ནང་བརྡ་སྒྲིག་བྱས་པའི་རང་དང་ཆ་མཐུན་གྱི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དཔོར་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནས་ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་གཞན་ཞིག་གིས་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་ཕྱི་མ་དེ་ངོས་ཟིན་ལ། ངོས་ཟིན་མཁན་གྱི་ཏེ་ཨར་ཨེན་ཨེ་དེས་རང་གི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ཀྱི་ནང་དུ་དང་དེ་ནས་སྔར་གྱི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་སྟེང་དུ་སྐྱེལ་གྱི་ཡོད། འཐབ་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་འདི་ཀུན་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ཀྱི་སྐྱེན་པའི་ས་ཁུལ་དེར་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ཀྱི་སྐྱེན་ས་དེར་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་གཉིས་པོ་དེ་ཁ་ཕྱོགས་མ་ནོར་བར་གྲུང་འགྲིགས་ཏེ་གནས་པ་ན། སྨིན་རྫས་ཤིག་གིས་དེ་གཉིས་དབར་པེབ་ཏ་ཡི་ཊའི་འཆིང་བར་འབོད་པའི་མཉམ་སྦྱོར་འཆིང་བའི་རྣམ་པ་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་འགྲུབ་པར་འགྲོས་གཙང་སྟོན་སྐྱུལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ནང་གི་ཆ་འཕྲིན་གྱིས་’མཚམས་ཚོད་རྒྱུད་བརྡ’གསུམ་ལས་གང་ཡང་རུང་བ་གཅིག་བརྡ་སྒྲིག་མ་བྱས་བར་དུ་བྱེད་རིམ་འདི་སྔ་མཐུད་དུ་འགྲོ་ལ། དེ་འདྲའི་བརྡ་སྒྲིག་གྲུབ་མཚམས་སུ་ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས་ཀྱིས་ཕབ་སྐྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་མཚམས་བཞག་ཅིང་། སྐབས་དེར་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་གཞི་རིམ་གྱི་བཀོད་དབྱིབས་དེ་ཡོངས་སུ་རྫོགས་པ་ཡིན།

ད་ནི་གསར་དུ་གྲུབ་པའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྤྲི་རྫས་དེས་གཞི་ནས་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་ངོས་ཀྱི་སྐྱི་མོའི་དྲ་ཐིང་གི་ཆ་ཐ་དད་པ་ཐམས་ཅད་དེ། གཤེར་ནང་དྲ་ཚོགས་ནས་སྒོལ་གཟུགས་ཀྱི་བར་དང་། མཐར་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་བར་དུ་བགྲོད་ཀྱི་ཡོད། (དཔེ་རིས། ༡༡) ཏེ་ཨེསི་ཨར་འདི་ཕལ་ཆེར་སྤྲི་རྫས་གཞན་གྱི་གྲོགས་ལ་བརྟེན་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོའི་གསེབ་ཏུ་གྲིམ་ལྡོད་རན་པའི་ལྟས་མའི་ཚུལ་དུ་གནས་ཡོད་པ་འདིས་ཕྱིའི་ཁོར་ཡུག་ནས་’ཁོར་པ་འདི་ཚོ’ཞེས་པ་ལྟ་བུའི་གནས་ཚུལ་བླང་བདེ་བར་བཟོས་ཡོད། སྐྱི་མོ་ནང་མའི་དྲ་ཐིང་གི་ཁྲོན་དུ་བགྲོད་པའི་དུས་རིམ་རེ་རེའི་སར་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རྫས་ཆར་འགྱུར་བ་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད་ལ། དེ་ནས་ལྷང་བུར་འབོད་པའི་སྐྱི་མོས་འཐུམས་པའི་རིལ་བུར་འདྲིལ་ཏེ་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་བགྲོད་ལམ་རྒྱུད་དེ་རིམ་པ་ཕྱི་མར་འདེད་འགྲོ་བ་རེད།

ཡིག་འབྲུ་དང་པོ།

ཡིག་འབྲུ་གཉིས་པ།	U	C	A	G	ཡིག་འབྲུ་གསུམ་པ།
U	UUU } Phe UUC UUA } Leu UUG	UCU UCC } Ser UCA UCG	UAU } Tyr UAC UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC UGA Stop UGG Trp	U C A G
C	CUU CUC } Leu CUA CUG	CCU CCC } Pro CCA CCG	CAU } His CAC CAA } Gln CAG	CGU CGC } Arg CGA CGG	U C A G
A	AUU AUC } Ile AUA AUG Met	ACU ACC } Thr ACA ACG	AAU } Asn AAC AAA } Lys AAG	AGU } Ser AGC AGA } Arg AGG	U C A G
G	GUU GUC } Val GUA GUG	GCU GCC } Ala GCA GCG	GAU } Asp GAC GAA } Glu GAG	GGU GGC } Gly GGA GGG	U C A G

རེའུ་མིག ༡ རིགས་རྫས་ཀྱི་གསང་བརྡ།

རིགས་རྫས་ཀྱི་གསང་བརྡ།

ཊི་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིད་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྒྱུ་ཆ་ཡིན་པར་ངེས་པ་དང་། དེའི་བཀོད་དབྱིབས་ཇི་འདྲ་ཡིན་པ་རྙེད་རྟོགས་བྱུང་བའི་རྗེས་ཚན་རིག་པའི་མདུན་སྟར་ལྷགས་པའི་དཀའ་ཁག་རིམ་པ་ཕྱི་མ་དེ་ནི་ཊི་ཨེན་ཨེའི་གསང་བརྡ་དགྲོལ་ཚུལ་ཇི་ལྟར་ཡིན་ངེས་རྒྱུ་དེ་རེད། མཉམ་ལས་བྱེད་པའི་ཞིབ་འཇུག་པ་མང་པོ་ཞིག་གིས་ཨེམ་ཨར་ཨེན་ཨེ་(བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ་)ཡི་ནང་དུ་ཕབ་ལེན་བྱས་ཏེ་གནས་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གསང་བརྡ་དེ་ཡང་རེ་སྦྲ་ཉིང་རྩལ་གྲུབ་ཚའི་གསུམ་ཚན་དུ་བྱས་ཏེ་བཀྲལ་དགོས་པ་རྙེད་ཡོད། དེ་ལྟའི་གསུམ་ཚན་གྱི་ཚོགས་སྡེ་རེ་ལ་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་ཞེས་སུ་འབོད་ཅིང་། རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་དེ་རེ་རེས་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཆ་མང་བསགས་རྩལ་གྱི་ཁྲོད་དུ་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཅི་སྟེ་འཇུད་དགོས་ན་རིགས་གང་ཞིག་འཇུད་དགོས་པའི་ཆ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད།

དེ་ལ་རེ་སྦྲ་ཉིང་རྩལ་གྲུབ་ཆ་ལ་རིགས་བཞི་ལས་མེད་པས་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡའི་གནས་སྟངས་གསུམ་པོ་རེ་རེར་སྲིད་ཚོད་ཐ་དད་པ་བཞི་ཡོད། དེར་བརྟེན་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་བཞི་ལ་བཞི་སྒྱུར་བྱས་པ་དེར་སླར་བཞིས་བསྒྱུར་བས་བསྡོམས་དྲུག་ཅུ་རེ་བཞི་སྲིད་པ་ཡིན། དེ་རྣམས་དང་དེ་རྣམས་ཀྱིས་བརྡ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་རེའུ་མིག་ ༡ པར་གསལ་ཡོད། ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡིས་ཐ་ཡི་མིན་(T)གྱི་ཚབ་ཏུ་ཡུ་ར་སིལ་(U) བེད་སྤྱོད་བྱས་ཏེ་ཨེ་ཊི་ནིན་(A)དང་ཆ་སྒྲིག་བྱེད་པ་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། མ་ཟད་རེའུ་མིག་དེར་གཤམ་གསལ་གྱི་དོན་གནད་རྣམས་ལ་དོ་སྣང་བྱེད་དགོས་ཏེ། ༡ རིགས་རྫས་ཀྱི་གསང་བརྡ་དེ་ནི་ཟློས་གཤིས་ཅན་ཡིན་ཏེ། ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དུ་མ་ཞིག་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་གཅིག་ལས་མང་བ་དག་གིས་བརྡ་སྦྱོར་བྱས་ཡོད། ༢ རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་གཅིག་(མི་ཐི་ཡོ་ནིན་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལ་ AUC རྒྱུད་བརྡ་ཡིན་)རྒྱུད་པས་སྤྲི་རྫས་ཐམས་ཅད་ཀྱི་འགོ་འཛུགས་ཀྱི་བརྡ་སྟོན་བྱེད་ལ། རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་གསུམ་(UGA, UAG, UAA སྟེ་འདི་གསུམ་པོ་གང་གིས་ཀྱང་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་བརྡ་སྒྲིག་མི་བྱེད་)ཁོ་ནས་སྤྲི་རྫས་དག་གི་མཇུག་བསྡུ་བའི་བརྡ་སྟོན་བྱེད། ༣ ཉིང་རྩལ་གྲུབ་ཆ་བཞི་པོ་ནས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ ༢༠ ཙམ་ཞིག་གི་བརྡ་སྦྱོར་བྱེད་ཅིང་། ཉི་ཤུ་པོ་དེ་དག་གིས་སའི་གོ་ལའི་ཚེ་སྲོག་གི་སྦྲ་དབྱངས་ཀུན་ཏེ། སྐྱེ་ལྡན་ཡོད་དོ་ཅོག་གི་སྤྲི་རྫས་ཡོད་དོ་ཅོག་ཙམ་སྒྲིག་བྱེད་པ་ཡིན་པས། འདི་ཐམས་ཅད་ཅི་འདྲ་བའི་མཛེས་སྡུག་ཅན་དང་སྣ་བསྟུས་ཤིག་མི་འདུག་གམ། བསམ་གཞིག་བྱ་རྒྱུའི་བརྟག་དཔྱད་དང་འབྲེལ་བའི་དྲི་བ། དངོས་པོ་ག་གེ་མོ་ཞིག་གི་རིགས་རྫས་ཀྱི་གསང་བརྡ་ཁྱོད་ཀྱིས་བཀྲལ་ཐུབ་པའི་བརྟག་དཔྱད་ཅིག་གི་བྱུས་འགོད་ཕྱོགས། རིགས་རྫས་ཀྱི་གསང་བརྡ་དེ་ཉིད་ཅིའི་ཕྱིར་ཟློས་གཤིས་ཅན་ཞིག་ཡིན་ནམ། (བརྡ་སྟོན་བྱས་ན། ཟློས་གཤིས་ཅན་གྱི་རིགས་རྫས་རྒྱུད་བརྡ་ཕལ་མོ་ཆེ་རང་གི་གནས་གསུམ་པ་ཁོ་ནར་མི་འདྲ་བ་ཡོད།)

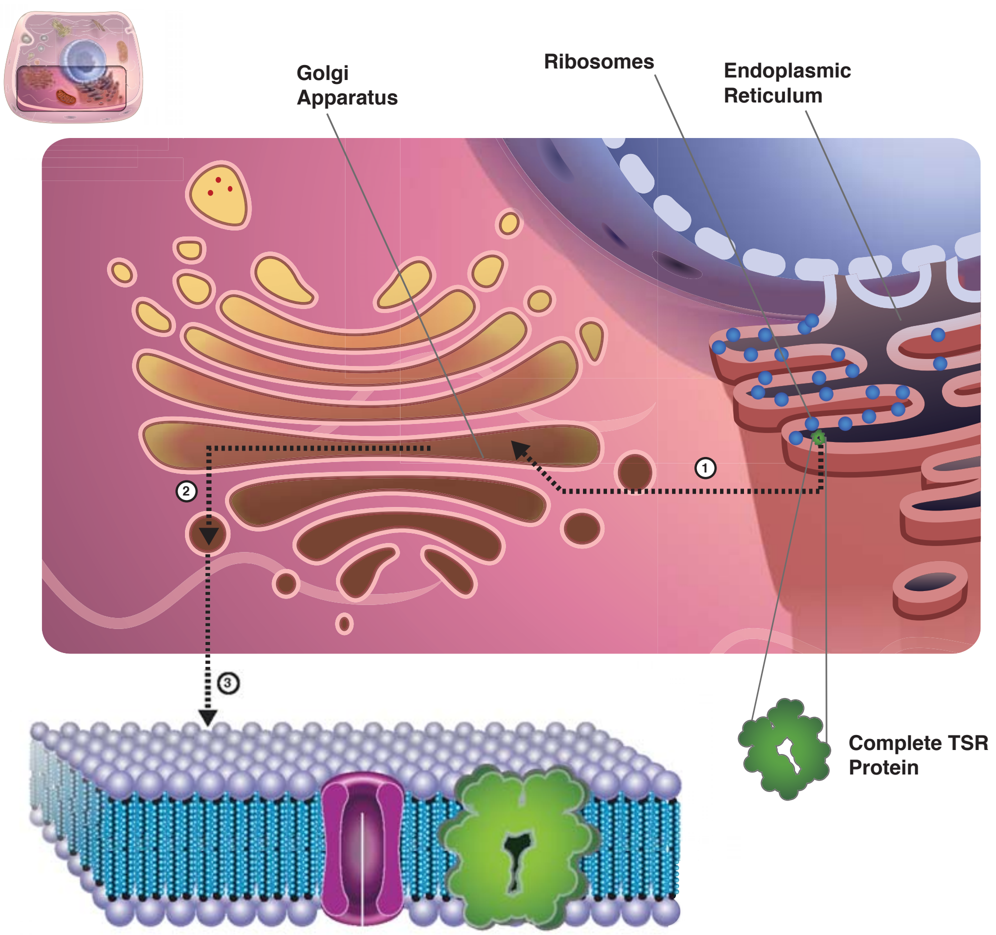


Figure 33: Translocation of the TSR protein to the cell membrane. After proteins are synthesized by the ribosomes, they are transferrred via an intracellular membrane network to the Golgi apparatus, where they are packaged and sent to various locations throughout the cell. In the case of our TSR protein, it is packaged and sent to the outer cell membrane.

called a vesicle and carried down a protein track to the next step.

A LOOK BACK AT WHAT WE'VE DONE SO FAR

Well, it took us awhile, but we finally got our TSR, which will eventually sense the hot chai, into a cell's outer membrane. Soon, we'll take on the next step in our story: how these receptors work and how they let us know to move our hands away from the cup. But, before we do that, let's review how we got here.

Follow along with Table 1. First, we decided that to understand how we feel heat, we needed to know what a sense is. We defined senses and realized sensing requires different tissues and organs. Then we learned that tissues and organs are made of cells. The next questions were: how do these cells work? And where do they come from?

CONSERVATION AND DIVERSITY

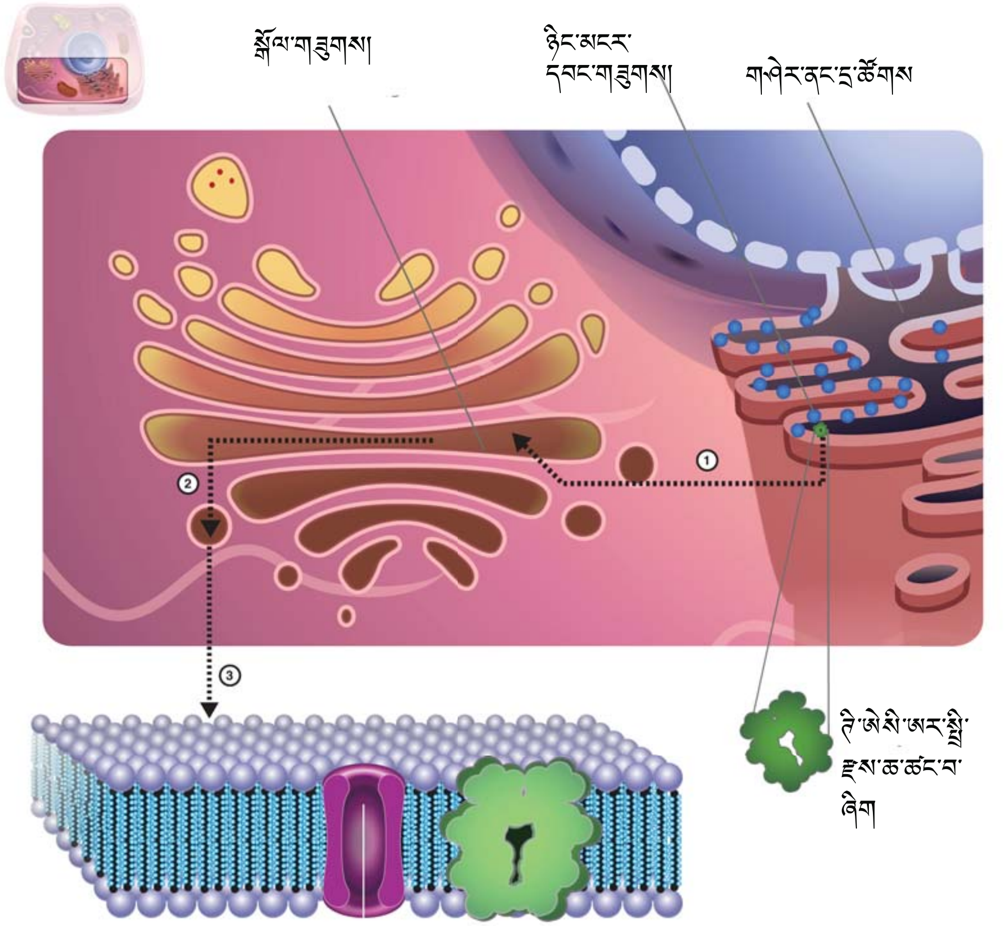
TSRs are a nice example of how evolution conserves strategies that work (see Life Sciences Primer 1). Proteins that look and function just like the temperature-sensitive receptor we are discussing occur in many organisms throughout the evolutionary tree of life. Their same basic protein structure—and therefore function—is used in many sensing processes. Proteins in the same family as TSR are found in fungi, mice, flies, and humans. All these TSR-like protein are involved in sensing—some in vision, others in hearing, others in touching, still others in smelling. The same fundamental functions are required for all these senses: cells receive a signal and then respond to it and contact the nervous system with that response.

So, evolution takes something that works and then uses it over and over. But, of course, in different situations, the receptors must be slightly different. So, diversity is integrated with the similarity. Nature uses an array of strategies to build diversity and complexity from very similar basic molecules. For example, in the case of sensory receptors, diversity is built in by having similar receptors made in different cells in different amounts and in different parts of the body. For example, proteins related to keratinocyte TSR are also found in neurons in the skin and in other organs, like our brains and kidneys. In some cases, the very same TSR can be transcribed and translated from the same gene DNA sequence, but can be chemically modified in different ways depending on its function. Evolution uses all these strategies and more to build diversity from similarity.

ཞར་ཚགས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་དང་སྣ་ཚོགས་རང་གཞིས།

ཏེ་ཨེསི་ཨར་དག་ནི་འཕེལ་འགྱུར་གྱིས་དོན་འབྲས་ལྡན་པའི་ཐབས་ཇུས་རྣམས་ཇི་ལྟར་ཞར་ཚགས་བྱེད་ཚུལ་གསལ་སྟོན་བྱེད་པའི་དཔེ་མཚོན་ཡག་པོ་ཞིག་ཡིན། (ཚོ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློབ་འགྲོ་སློབ་དེབ་དང་པོ་ལ་ལྟོས།) ང་ཚོས་གློང་བཞིན་པའི་དུད་ལ་ཚོར་སྐྱིན་ཟབ་པའི་སྣ་ལེན་པ་དེ་དང་རྣམ་པ་དང་བྱེད་ལས་གཉིས་གཞི་ཆ་ནས་འདྲ་བའི་སྤྲི་རྫས་མང་པོ་ཞིག་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ཚེ་སྲོག་སྟོང་པོའི་ཁྲོད་ཀྱི་སྐྱེ་ལྡན་མང་པོ་ཞིག་ལ་ལྡན་ཡོད། དེ་དག་གི་གཞི་རྩའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་བཀོད་དབྱིབས(དང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་བྱེད་ལས།) དེ་དག་ཤེས་ཚོར་གྱི་བྱེད་རིམ་མང་པོའི་ནང་དུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཏེ་ཨེསི་ཨར་དང་དུ་ཚང་གཅིག་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ཧམ་པ་དང་། ཅི་ཅི། སྦྲང་མ། མི་བཅས་ཀྱི་ནང་རྙེད་ཡོད། ཏེ་ཨེསི་ཨར་འདྲ་བའི་སྤྲི་རྫས་འདི་ཐམས་ཅད་ཤེས་ཚོར་གྱི་བུ་གཞུག་དང་སྦྲེལ་ནས་ཡོད་པ་ནི། དེ་དག་ལས་འགའ་རེ་ནི་མཐོང་ཚོར་དང་། འགའ་རེ་ཐོས་ཚོར། འགའ་རེ་རེག་ཚོར། དེ་དུང་གཞན་རྣམས་ནི་དྲི་ཚོར་ལ་སྦྲེལ་ནས་ཡོད། དབང་ཚོར་གྱི་རིགས་འདི་ཐམས་ཅད་ལ་གཞི་རྩའི་བྱེད་ལས་གཅིག་མཚུངས་ནི་ཚང་དགོས་པ་ནི། དེ་དག་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་བར་འཁྱིན་གང་འཚོར་བ་དེ་ར་སྣ་ལེན་བྱེད་པ་དང་། དེ་ར་ཡ་ལན་སྟོད་ལ། ཡ་ལན་དེའི་སྒོ་ནས་དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་ལ་འབྲེལ་མཐུད་བྱེད་པ་བཅས་ཡིན།

དེར་བརྟེན་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་གྱིས་སྤྲོད་སྒོ་ཡོད་པའི་དངོས་པོ་ཞིག་བླངས་ཏེ་དེ་ཉིད་ཡང་ནས་ཡང་དུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། འོན་ཀྱང་གནས་སྟངས་མི་གཅིག་པའི་ནང་སྣ་ལེན་པ་རྣམས་དེས་པར་དུ་ཕན་ཐུབ་ཐུབ་ཚུལ་རང་བཟོ་ཐབ་དང་ཡིན་དགོས། དེར་བརྟེན་འདྲ་མཚུངས་ཀྱི་དང་ཚུལ་ཁྲོད་དུ་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་རང་བཞིན་ཡང་ཚུལ་སྒྲིག་བྱས་ཡོད། རང་བྱུང་འཁམས་ཀྱིས་ཧ་ཅང་གཅིག་འདྲ་ཡིན་པའི་གཞི་རྩའི་འདུས་རྫས་དུ་མ་དག་གི་གཞི་དེ་ལས་སྣ་ཚོགས་དང་རྟོག་འཛིང་གི་རང་བཞིན་བསྒྲུན་པའི་ཕྱོགས་སུ་ཐབས་ཇུས་ཀྱི་རིམ་པ་སྣ་ཚོགས་ཤིག་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དཔེར་ན་དབང་ཚོར་སྣ་ལེན་པའི་གནས་སྟངས་ལ་ཆ་མཚོན་ན། སྣ་ལེན་པ་འདྲ་མཚུངས་མང་པོ་ཞིག་ལུས་ཀྱི་ཆ་གྲང་སར་ཕྲ་ཕུང་ཐ་དད་པའི་ནང་འཁོར་ཚད་ཐ་དད་དུ་བསྒྲུན་པའི་སྒོ་ནས་སྣ་ཚོགས་རང་བཞིན་བསྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དཔེར་ན་ཀ་ར་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གི་དོད་ཚོར་སྣ་ལེན་པ་དང་འབྲེལ་བའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་པགས་པའི་ནང་གི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་དང་། ང་ཚོའི་ཁ་དང་མཁལ་མ་ལྷ་བུའི་དབང་པོ་གཞན་གྱི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ནང་དུའང་རྙེད་ཀྱི་ཡོད། གནས་སྟངས་འགའ་ཞིག་གི་ནང་ཉི་ཤེན་ཨེ་ཡི་རིགས་རྫས་སྤྲོད་པ་གཅིག་གྱུར་ཞིག་ལས་དོད་ཚོར་སྣ་ལེན་པ་གཅིག་གྱུར་ཞིག་ཐབ་ཡིན་དང་ཐབ་སྒྱུར་བྱས་ཡོད་ལ། དེ་ལྟར་ནང་དེ་དག་གི་བྱེད་ལས་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་ལ་གཞིགས་ཏེ་རྣམ་པ་མི་འདྲ་བའི་ངོ་བོར་རྫས་སྒྱུར་བཏང་ཚོག་གི་ཡོད། འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནང་ཐབས་ཇུས་འདི་ཐམས་ཅད་དང་གཞན་ཡང་བཀོལ་སྤྱོད་ཇུས་པ་བརྒྱུད་འདྲ་མཚུངས་ཀྱི་གཞི་ལས་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་རང་བཞིན་བསྒྲུན་གྱི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༡ ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྤྲི་རྫས་དེ་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོར་གནས་སྤོ་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ། སྤྲི་རྫས་རྣམས་ཉིང་མདངར་དབང་གཟུགས་ཀྱིས་འདུས་སྦྱོར་བྱས་ཟིན་པའི་རྗེས་སུ་དེ་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་ནང་དོས་ཀྱི་སྐྱི་མོའི་དྲ་རྒྱ་བརྒྱུད་ཕྲོལ་གཟུགས་སུ་གནས་སྤོ་བྱེད་ལ། དེར་དེ་རྣམས་ཐུམ་སྒྲིལ་བྱས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་ཕྱིན་གྱི་གནས་གཞི་སྣ་ཚོགས་སུ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ང་ཚོའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྤྲི་རྫས་ལ་ཆ་མཚོན་ན་དེ་ཉིད་ཐུམ་སྒྲིལ་བྱས་རྗེས་ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་ཕྱོགས་དེར་བཏང་གི་ཡོད།

འདི་བར་ང་ཚོས་གང་བསྒྲུབས་པ་དེར་ཕྱི་མིག་ཅིག་བལྟ་བ།

འདི་བར་དུས་ཚོད་ཏོག་ཙམ་འགོར་ཡོད་ཀྱང་། ནམ་ཞིག་ན་ཇ་ཚ་པོ་ཚོར་རེས་པའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་དེ་ད་ཆ་ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་བར་དུ་ང་ཚོས་བསྐྱལ་ཐུབ་ཡོད། མི་རིང་བར་ང་ཚོས་སླང་ནང་གི་གོམ་པ་གཉིས་པ་དེ་སྤོ་རྒྱུ་ཡིན། དེ་ནི་སྣ་ལེན་པ་འདི་རྣམས་ཀྱི་ལས་ཚུལ་སྤྱི་དང་། ཕྱི་ཐག་ཏུ་དེ་དག་གིས་ང་ཚོའི་ལག་པ་ཇོར་པ་ལས་ཕྱིར་ཕྱོགས་སུ་འཐེན་པར་བསྐུལ་ཚུལ་བཅས་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱ་རྒྱུ་དེ་ཡིན། འོན་ཀྱང་དེ་ལྟར་མ་བྱས་པའི་གོང་དུ་ང་ཚོ་འདི་བར་དུ་ཇི་ལྟར་སླེབས་པའི་ཚུལ་ལ་བསྐྱར་ཞིབ་ཅིག་བྱའོ།།

འགོ་སྟོད་དུ་གསལ་བའི་རི་ཙུ་མིག ༧ དང་ལྷན་དུ་མཉམ་བགྲོད་བྱོས་དང་། ཐོག་མར་ང་ཚོས་ཆ་ཙོད་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་ཚོར་བཤེས་པ་དབང་ཚོར་ཞེས་པ་གང་ཡིན་ཤེས་དགོས་པར་ང་ཚོས་ཐག་བཅད་ལ། ང་ཚོས་དབང་ཚོར་གྱི་གོ་དོན་བཀྲལ་ཅིང་། དབང་ཚོར་སྐྱེས་པར་ཕུང་ཀྱུབ་དང་དབང་པོ་མི་འདྲ་བ་མགོ་བར་ངེས་ཤེས་རྙེད་ཡོད། དེ་ནས་ང་ཚོས་ཕུང་ཀྱུབ་དང་དབང་པོ་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གིས་གྲུབ་པར་ཤེས་པ་རེད། དེ་རྗེས་ཀྱི་དྲི་བ་རྣམས་ནི། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལས་ལ་ཇི་ལྟར་འཇུག་གམ། དེ་རྣམས་གང་ནས་འོངས་སམ། ལྟ་བུ་རེད།

But, we realized in order to answer these questions we needed to know what cells are made of. So, we backed up and reviewed the basic life-molecules: lipids, carbohydrates, proteins, and nucleic acids. Going even deeper, we saw that to truly appreciate these molecules, it was important to understand their chemistry: what are the chemical elements of life, and how do they interact with each other and why? To do this, we had to learn about the unique chemistry of water, the molecule in which life evolved. Then we learned about carbon and its chemical personality. This knowledge enabled us to appreciate how chemistry is related to structure and how structure is related to function.

An understanding of life's molecules and their shapes and functions helps us get a sense of how cells work. Now we see why certain life-molecules have particular functions in the cell, and how the chemistry of those molecules leads to their structure, which leads to their functions.

Next, we discussed the parts of cells—parts that protect the cell, produce its energy, hold its codes and separate its functions. Finally, we took a partial tour of this cell, connecting many of its parts through one question: how does a cell make a protein and then move that protein to a specific location?

We took the tour specifically with the temperature-sensitive receptor (TSR) protein within a keratinocyte skin cell in our finger, because we are especially interested in its role in sensing hot chai.

FINALLY!

Whew! Finally, we made it, and we are ready to think about how TSR receptors let us know to move our hand away from the hot chai.

As we've seen, TSR live in the outer cell membranes of keratinocytes. They are also in the cell membranes of neurons (nerve cells) that project into the skin. When TSR feel something hot, these receptors signal the nervous system to activate the muscles of the hand and arm to move away from the hot cup of chai.

From the keratinocyte TSR perspective, we can think of our hot chai story in three parts: (1) TSR senses heat; (2) TSR sends message internal to the keratinocyte; (3) keratinocyte responds by releasing a signal externally. The neurons receive this signal and send it to the central nervous system, which signals the arm and hand muscles to move away.

YOUR TURN:
THE CELL & TEMPERATURE

Develop a model to explain how the cell may respond to temperature. Here are two hints: (1) The TSR changes shape and calcium ions, Ca^{2+}, rush through it into the cell. (2) Last, the cell sends a signal outside the keratinocyte to the nerve cells, letting them know about the heat. Hypothesize what might go on inside the cell in between these two steps.

Draw a picture of a skin cell with calcium entering a channel. How might the entrance of calcium affect neighboring cells?

འོན་ཀྱང་དྲི་བ་འདི་རྣམས་ལ་ལན་ཐེབས་པར་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་གང་གིས་གྲུབ་པ་དེ་ཤེས་དགོས་པར་ང་ཚོས་རྟོགས་ཡོད། དེར་བརྟེན་ང་ཚོས་ཕྱི་ཤིག་ཅིག་བརྒྱབ་སྟེ་གཞི་རྩའི་ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྡུལ་ཏེ། ཕི་ཆིལ་དང་། ཁར་སྦྲོ་མང་བཅུད། སྤྲི་རྫས་ཉིང་སྐྱུར་རྣམས་ལ་བསྐྱར་སྦྱོང་བྱས་པ་རེད། དེ་བས་གཏིང་ཟབ་ཏུ་ཕྱིན་སྐབས། ང་ཚོས་འདུས་རྡུལ་འདི་རྣམས་ལ་གོ་བ་དཔྱིས་ཕྱིན་པ་ཞིག་སོན་པར་དེ་དག་གི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རྣམ་གཞག་ཤེས་རྒྱུ་གལ་ཆེན་པོ་ཡིན་པ་མཐོང་ཡོད། དེ་ནི་ཚེ་སྲོག་གི་རྫས་འགྱུར་གྱི་གྲུབ་ཆ་གང་དང་གང་རེད་དམ། དེ་དག་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་ཇི་ལྟར་བྱེད་དམ། ཅིའི་ཕྱིར་བྱེད་དམ། ལྟ་བུ་ལ་ཐེར་བ་རེད། འདིའི་ཕྱོགས་སུ་ང་ཚོས་གང་གི་ཁྲོད་དུ་ཚེ་སྲོག་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་སའི་འདུས་རྡུལ་ཏེ། ཆུའི་ཐུན་མོང་མིན་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རྣམ་གཞག་ཤེས་སྦྱོང་བྱས་ཡོད། དེ་ནས་ང་ཚོས་ཁར་སྦོན་དང་དེའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རང་གཤིས་སྦྱངས་པ་རེད། གོ་རྟོགས་འདིས་རྫས་འགྱུར་གྱི་རྣམ་གཞག་དེ་བཀོད་དབྱིབས་དང་ཇི་ལྟར་འབྲེལ་བའི་ཚུལ་ལ་ངེས་པ་སྟེར་ཞིང་། བཀོད་དབྱིབས་དེ་བྱེད་ལས་དང་འབྲེལ་བའི་ཚུལ་ལའང་ངེས་པ་སྟེར་ཡོད།

ཁྱོད་ཀྱི་རིས་མོས། ཕྲ་ཕུང་དང་དྲོད་ཚད།

ཕྲ་ཕུང་གིས་དྲོད་ལ་ཇི་ལྟར་ཡ་ལན་སྤྲོད་སྲིད་པའི་ཚུལ་སྟོན་པའི་དཔེ་ཚད་ཅིག་སྒྲུབས། འདིར་བརྗོད་སྟོན་གཉིས་བྱ་རྒྱུ་ཡོད་དེ། ༡ དྲོད་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་རང་གི་བཀོད་དབྱིབས་འགྱུར་ལྡོག་བྱེད་ལ། དེ་ནས་རང་གི་བརྒྱུད་ནས་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་(Ca_2^+)རྣམས་ཕྲ་ཕུང་ནང་སྤྲུག་ཏུ་ཞུགས་ཀྱི་ཡོད། ༢ མཇུག་ཏུ། ཕྲ་ཕུང་གིས་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ལོགས་སུ་དབང་རྩའི་ཕྲ་ཕུང་ལ་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་བཏང་སྟེ། དྲོད་ཀྱི་སྐོར་ཤེས་སུ་འཇུག་གི་ཡོད། གོང་གི་རིམ་པ་འདི་གཉིས་ཀྱི་བར་ན་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་ངོས་སུ་ཅི་དང་ཅི་འབྱུང་རུང་བའི་ཚུལ་ལ་ཚོད་རྩིས་ཐོངས།
པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་རྒྱ་ལམ་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཁལ་ཤི་ཡམ་ཞུགས་བཞིན་པའི་རི་མོ་ཞིག་བྲིས་ནས། ཁལ་ཤི་ཡམ་ནང་དུ་ཞུགས་པ་དེས་གཡས་གཡོན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་ཇི་ལྟར་བཟོ་སྲིད་པའི་ཕྱོགས་སུ་འགྲེལ་བརྗོད་གྱིས།

ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྡུལ་དང་། དེ་དག་གི་བཀོད་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་ཀྱི་སྐོར་ལ་གོ་བ་ཆགས་པ་དེས་ཕྲ་ཕུང་གིས་བྱེད་ལས་ཇི་ལྟར་རྩོམ་པའི་ཚུལ་ལ་གོ་བ་ཆགས་པར་ཕན་ཐོགས་ཡོད། ད་ཆ་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྡུལ་ངེས་ཅན་འགའ་ཞིག་ལ་ཕྲ་ཕུང་ནང་དུ་བྱེད་ལས་ངེས་ཅན་དེ་འདྲ་ཡོད་པའི་རྒྱུ་མཚན་མཐོང་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་འདུས་རྡུལ་དེ་རྣམས་ཀྱི་རྫས་སྦྱོར་གྱི་རྣམ་པ་དེ་ལས་དེ་དག་གི་བཀོད་དབྱིབས་དང་། དེ་ལས་དེ་དག་གི་བྱེད་ལས་ཇི་ལྟར་འགྲུབ་པའི་ཚུལ་ཡང་མཐོང་ཡོད།

དེ་ནས་ང་ཚོས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་ཏེ། སྲུང་སྐྱོབ་བྱེད་པའི་ཆ་དང་། ནུས་པ་སྐྱེད་པའི་ཆ། གསང་བརྡ་གཉེར་བའི་ཆ། བྱེད་ལས་འབྱེད་པའི་ཆ་ཤས་བཅས་ཀྱི་སྐོར་གྲོས་སྡུར་བྱས་ཡོད། མཐའ་མ་དེར་ང་ཚོས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁྲོན་དུ་ལྟ་སྐོར་ཕྱོགས་ཙམ་ཞིག་བྱས་ཤིང་། དེའི་ཆ་ཤས་དུ་མ་ལ་དྲི་བ་གཅིག་གིས་མཐུད་སྦྲེལ་བྱས་པ་སྟེ། དྲི་བ་དེ་ནི། ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གིས་སྤྲི་རྫས་ཇི་ལྟར་བཟོ་སྐྲུན་བྱེད་པ་དང་། དེ་ནས་སྤྲི་རྫས་དེ་ཉིད་གནས་ངེས་ཅན་དག་ཏུ་ཇི་ལྟར་གནས་སྤོ་བྱེད་དམ་ཞེས་པ་དེ་རེད།
ང་ཚོས་མཇུག་མོའི་པགས་པའི་སྙིང་གི་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པའི་ (ཊི་ཨར་ཨར་)སྤྲི་རྫས་དང་སྦྲེལ་ཏེ་ལྟ་སྐོར་ དམིགས་འཛུགས་པ་ཞིག་བྱས་ལ། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ཡང་ཛ་ཚ་པོ་ཚོར་བའི་བྱེད་རིམ་ནང་དེའི་བྱེད་ལས་གང་ཡིན་ང་ཚོར་དམིགས་བསལ་ཤེས་འདོད་ཡོད་པས་ཡིན།

མཐའ་དོན།

འོ་ཡ། མཐའ་མ་དེར་ང་ཚོ་འདི་བར་སླེབས་ཐུབ་པ་བྱུང་ཞིང་། ད་ང་ཚོ་ཊི་ཨར་ཨར་ཡིས་ཛ་ཚ་པོའི་གནས་ནས་ང་ཚོའི་ལག་པ་འཐེན་པར་ཇི་ལྟར་བསྐུལ་བའི་སྐོར་བསམ་གཞིག་བྱ་རྒྱུར་གྲ་སྒྲིག་ཡོད།

ང་ཚོས་མཐོང་བ་བཞིན། ཊི་ཨར་ཨར་འདི་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་ནང་དུ་གནས་ཡོད་ལ། དེ་རྣམས་པགས་པའི་ནང་དུ་མཆེད་པའི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོའི་ནང་དུའང་ཡོད། ཊིཨར་ཨར་གྱིས་ཙ་དངོས་ཚ་པོ་ཞིག་ཚོར་སྐབས་སྣེ་ལེན་པ་འདི་རྣམས་ཀྱིས་དབང་རྩའི་མ་ལག་ལ་ལག་པ་དང་ལག་ངར་གྱི་ཤ་གནད་རྣམས་ཛ་ཡི་ཐོར་པ་ཚ་པོ་ལས་རྒྱང་དུ་འབུད་དགོས་པར་ཡར་སྐུལ་བྱེད་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད།

ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་སྣེ་ལེན་པའི་ངོས་ནས་བལྟས་ན། ཛ་ཚ་པོའི་སྣང་འདི་ཆ་ཤས་གསུམ་དུ་ཕྱེ་སྟེ་བསམས་ཆོག་སྟེ། ༡ ཊི་ཨར་ཨར་གྱིས་ས་ཚ་དྲོད་ཚོར་ཞིང་ཤེས་པ། ༢ ཊི་ཨར་ཨར་གྱིས་ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་ངོས་སུ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བ། ༣ ཀེར་ཊིན་ཕྲ་ཕུང་གིས་ཕྱི་ངོས་སུ་བརྡ་འཕྲིན་གློད་འདོན་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་དེར་ཡ་ལན་སྤྲོད་པ་བཅས་རེད། བརྡ་འཕྲིན་འདི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་འཕྲོར་བ་དང་། དེ་དག་གིས་དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་དེ་གཏོང་ཞིང་། མ་ལག་དེས་ལག་ངར་དང་ལག་པའི་ཤ་གནད་རྣམས་ཕར་འབུད་དགོས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད།

The first challenge for the TSR is how to sense heat. Do you have any idea how a TSR protein might do this? Look again at Figure 19 and consider carefully what you know about proteins and their chemical personalities, and remember that TSR is a protein sitting in the keratinocyte outer membrane.

Recall that proteins are made of amino acids, which chemically interact in such a way that the proteins fold into a unique structure. You might guess (or recall from our discussion of water) that temperature has a significant impact on molecules and chemical reactions. In the case of TSR, any temperature over 42°C changes its shape. So, when your fingers touch that hot cup, TSR sense the temperature change by changing shape in such a way that the holes in them open up. Shape equals function; change in shape equals change in function. These holes specifically allows calcium ions to rush into the keratinocyte.

A general rule of biochemistry is that molecules tend to move from higher concentration to lower concentration. Normally more calcium ions are outside of cells than inside, but the lipid bilayer of the outer cell membrane keeps calcium from getting into the cell. Only when the calcium ion-specific TSR protein senses heat and opens up do the calcium ions rush in. What do you think happens to the TSR to *turn off* the "It's hot!" signal?

Why would calcium ions entering the keratinocytes make a difference to the cell? Remember that calcium (Ca) is one of the elements that often exist as an ion, Ca^{2+}. Calcium ions chemically interact with (bind) many other proteins in the cell to change their shape and function. In this case, we don't exactly know how calcium activates a signal, but we do know that, when heated, keratinocyte TSR change shape, Ca^{2+} levels increase in the cell, and the keratinocyte cells release a number of molecules that activate other nearby cells.

To 'activate a neuron', as you learn in more detail in Neurosciences Year 2, means to change the shape of receptors (again), but this time on neurons. And, once again, the change in receptor shape is translated into a change in the ions inside and outside of this cell. But this time, this change in ion concentration leads to an electrical signal called an **action potential**. The electrical signal is sent down the neurons, translated back into a chemical signal and then back again into an electrical signal— from our hand touching the hot cup to our nerves, to our central nervous system, then back to

TYPES OF SIGNALS

In the case of TSR, we see that signals can be sent by changes in temperature or changes in ion concentration. Many other types of signals also occur in biological systems. In addition to ions, proteins are often used as signals, as are molecules that last for less than a second (carbon monoxide, CO, and nitric oxide, NO). Other signals include non-protein hormones, like the testosterone and estrogen that make organisms male or female, respectively. And it's not only 'natural' molecules that send signals, of course. Sound waves signal our ears (as you learn in Physics), many artificial substances copy our internal signals and signal our bodies in different ways—for better or worse. Such molecules are found, for example, in chocolate, alcohol, and some pesticides. Drugs and herbs—both the 'good' kind, which are designed to cure us from illness, and the 'bad' kind that might hurt us, but make us feel good in the short term—are basically signaling molecules.

INCENSE: A SIGNALING MOLECULE?

Incensole acetate, a component of incense, is a recently discovered signaling molecule. This molecule acts through a receptor in our brains that is part of the TSR protein family.

Scientists were intrigued that diverse religions across cultures independently developed the use of incense in rituals. Incense is obtained from a highly-valued plant. In Buddhism, incense is said to facilitate meditation and represent 'the fragrance of pure moral conduct'.

Researchers have demonstrated that incensole acetate interacts with a TSR-like receptor in animal brains. When exposed to this molecule, resulting behaviors suggest the molecule has anti-anxiety and anti-depressive effects. One explanation for why so many human religious ceremonies use incense is that it biologically makes people feel better, and, therefore, as Buddhism suggests, act better.

ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པར་འཕྲད་པའི་དཀའ་ཁག་དང་པོ་ནི་ཚ་དྲོད་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་ཚོར་དགོས་པ་དེ་རེད། ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པས་ལས་དོན་དེ་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་བསྒྲུབ་པའི་སྐོར་ཁྱོད་ལ་རིག་པ་འདོན་རྒྱུ་ཡོད་དམ། དཔེ་རིས་ ༡༩ ལ་བསྐྱར་དུ་བལྟས་ནས་སྲི་རྫས་དང་དེའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་རང་གཤིས་སྐོར་ལ་ཁྱོད་ཀྱིས་གང་ཤེས་པ་དེར་བསམ་གཞིག་ནན་པོ་ཞིག་བྱོས་ལ། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པ་དེ་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མར་འཁོད་པའི་སྲི་རྫས་ཤིག་ཡིན་པ་འདིར་དྲན་དགོས།

སྲི་རྫས་རྣམས་ཨ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལས་གྲུབ་པ་དེར་དྲན་གསོ་བྱོས་ལ། སྐྱུར་རྫས་དེས་རྫས་འགྱུར་གྱི་སྦྲེལ་སྒྲོར་ངེས་ཅན་ཞིག་བསྒྲུབས་པ་ལས་སྲི་རྫས་རྣམས་དམིགས་བསལ་གྱི་བཀོད་དབྱིབས་ཤིག་གི་ངོ་བོར་ལྡེབ་རྩེག་ཐེབས་པའང་དྲན་དགོས། འདུས་རྡུལ་དང་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཐབ་སྦྱོར་ལ་དྲོད་ཚད་ཀྱིས་ཤུགས་རྐྱེན་གལ་ཆེན་ཞིག་བཟོས་པ་ཁྱོད་ཀྱིས་ཚོད་དཔག་(ཡང་ན་ཆུའི་སྐོར་གྱི་སློབ་མོལ་ལས་དྲན་གསོས་ཀྱང་ཆོག་པ་ཡིན་)བྱེད་ཀྱིན་ཡོད་ཤས་ཆེ། ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པའི་རིགས་འདིར་སེལ་ཤ་སི་ ༤༡ ལས་བརྒལ་བའི་དྲོད་ཚད་གང་འདྲ་ཞིག་གིས་ཀྱང་དེའི་བཟོ་དབྱིབས་ལ་འགྱུར་བ་གཏོང་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ཁྱོད་ཀྱི་མཛུབ་མོས་ཕོར་པ་ཚ་པོར་རེག་སྐབས་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པས་དབྱིབས་སྒྱུར་བྱས་ཏེ་མཛུབ་མོའི་ནང་གི་ཁྱུང་བུ་རྣམས་ཁ་ཕྱེ་བའི་སྒོ་ནས་དྲོད་ཚོར་ཞིང་མྱོང་གི་ཡོད་པ་རེད། བཟོ་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་གཉིས་དོ་མཉམ་ཡིན་ཞིང་། བཟོ་དབྱིབས་ལ་འགྱུར་བ་འབྱུང་བ་ཡང་བྱེད་ལས་ལ་འགྱུར་བ་འབྱུང་བ་དང་དོ་མཉམ། ཁྱུང་བུ་འདི་དག་གིས་ཕྱི་བྲག་ཏུ་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་རྣམས་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་དུ་རྒྱུག་ཏུ་འཇུག་གི་ཡོད།

འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་ལ་གར་ཚད་མཐོ་ས་ནས་དམའ་སར་བགྲོད་པའི་རང་གཤིས་ལྡན་པ་དེ་སྐྱི་ལྡན་རྫས་སྦྱོར་རིག་པའི་སྤྱི་འགྲོས་ཀྱི་ངེས་ལུགས་ཤིག་རེད། རྒྱུན་ལྡན་དུ་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་ངོས་ལ་ལྟོས་ཏེ་ཕྱི་ངོས་ཀྱི་སྟེང་དུ་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་མང་བ་ཡོད་ཀྱང་། ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱི་མོ་ཕྱི་མའི་ལི་ཕིཚོལ་གྱི་རིམ་པ་གཉིས་པོས་ཁེལ་ཤི་ཡམ་དེ་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་དུ་ཞུགས་སུ་འཇུག་གི་མེད། ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་གྱི་རིགས་ལ་དམིགས་བཀར་གྱིས་འཇུག་པའི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྲི་རྫས་དག་གིས་ཚ་དྲོད་ཚོར་ནས་ཁ་འབྱེ་བའི་སྐབས་ཁོ་ནར་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་རྣམས་ནང་དུ་རྒྱུག་གི་ཡོད། ཁྱེད་ལྟར་ན་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པས་"ཚ་པོ་འདུག"ཅེས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་མཚམས་བཞག་པ་ལ་དེར་རྐྱེན་གང་ཞིག་འཕྲད་དགོས་སམ།

ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁོང་དུ་ཞུགས་པའི་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་དེར་ཁྱད་པར་ཅིའི་ཕྱིར་བཟོ་འམ། ཁེལ་ཤི་ཡམ་(Ca)ནི་གནས་སྐབས་མང་པོར་གྱིས་རྡུལ་གྱི་རྣམ་པར་(Ca_2^+)གནས་པའི་རྩ་རྫས་ཀྱི་གྲས་ཤིག་ཡིན་པ་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་རྡུལ་དག་གིས་རྫས་འགྱུར་གྱི་ལམ་ནས་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་སྲི་རྫས་གཞན་མང་པོ་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་(འཆིང་སྦྱོར་)གྱིས་དེ་དག་གི་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་ལ་འགྱུར་བ་གཏོང་གི་ཡོད། གནས་སྟངས་འདིའི་ནང་ཁེལ་ཤི་ཡམ་གྱིས་བརྡ་འཕྲིན་ཇི་ལྟར་སྐྱོང་བའི་ཚུལ་ང་ཚོས་དཔྱིས་ཕྱིན་པར་ཤེས་ཀྱིན་མེད་ཀྱང་། ཚ་པོ་བཟོ་སྐབས་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཏེ་ཨེསི་ཨར་སྙེ་ལེན་པའི་བཟོ་དབྱིབས་འགྱུར་བ་དང་། ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ Ca_2^+ ཡི་ཚད་གཞི་འཕེལ་བ། ཉེ་འདབས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་སློང་བའི་འདུས་རྡུལ་མང་པོ་ཞིག་ཀེར་ཏེན་ཕྲ་ཕུང་གིས་གློད་འདོན་བྱེད་པ་བཅས་ནི་ང་ཚོས་ཤེས་ཀྱི་ཡོད།

ཁྱོད་ཀྱིས་དབང་རྩ་ཅན་རིག་ལོ་རིམ་གཉིས་པའི་སློབ་ཚན་ནང་རྒྱས་པར་སློབ་སྦྱོང་བྱ་རྒྱུ་བཞིན། 'དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་ཡར་སློང་བྱེད་པ'ཞེས་པའི་དོན་དེ་(འདིར་ཡང་)སྙེ་ལེན་པའི་བཟོ་དབྱིབས་ལ་འགྱུར་བ་འདྲེན་པ་ལ་ཟེར་ལ། འོན་ཀྱང་འདིར་ནི་དེ་འདྲའི་འགྱུར་བ་དེ་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་སྟེང་དུ་འདྲེན་པ་ཡིན། འདིར་སླར་ཡང་། སྙེ་ལེན་པའི་དབྱིབས་ལ་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བ་དེ་ཕྲ་ཕུང་འདིའི་ཕྱི་ངོས་དང་ནང་ངོས་སུ་འཁོད་པའི་གྱེས་རྡུལ་རྣམས་ལ་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བའི་རྣམ་པར་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། འོན་ཀྱང་སྐབས་འདིར་གྱེས་རྡུལ་གྱི་གར་ཚད་ལ་ཡོག་པའི་འགྱུར་བ་དེས་ལས་འཇུག་ཐུས་པ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་གློག་གི་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་ཡར་སློང་བའི་རྒྱུར་འགྲོ་གིན་ཡོད། གློག་བརྡ་དེ་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་གི་རྒྱུད་དུ་མར་འབུད་པར་བྱེད་ལ། དེ་ནས་རྫས་འགྱུར་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་གི་ངོ་བོར་ཕབ་འགྱུར་བྱུང་རྗེས། སླར་ཡང་གློག་བརྡའི་ངོ་བོར་ཕྱིར་ཁ་སྒྱུར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནི་ང་ཚོའི་ལག་པས་ཕོར་པ་ཚ་པོར་རེག་པ་ནས་བཟུང་སྟེ་ང་ཚོའི་དབང་རྩའི་བར་དུ་དང་། དེ་ནས་དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་གི་སར་དང་། དེ་ནས་སླར་ཡང་ལག་ནང་གི་ཤ་གནད་བར་གྱི་བགྲོད་པ་དེ་མཚོན་པ་རེད།

བརྡ་འཕྲིན་གྱི་རྣམ་གྲངས།
ཏེ་ཨེསི་ཨར་(དྲོད་ཚོར་སྙེ་ལེན་པ་)དང་འབྲེལ་བའི་གནས་དོན་ཞིག་ལ། དྲོད་ཚད་ལ་འཕོ་འགྱུར་ཐེབས་པ་དང་། གྱེས་རྡུལ་གྱི་གར་ཚད་ལ་འཕོ་འགྱུར་ཐེབས་པའི་སྒོ་ནས་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འདྲེན་བྱེད་པ་ང་ཚོས་མཐོང་ཡོད། སྐྱེ་ལྡན་རང་བཞིན་གྱི་མ་ལག་སྣ་ཚོགས་པའི་ཁྲོན་དུ་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་རིགས་གཞན་ཡང་མང་པོ་ཡོད་པ་རེད། གྱེས་རྡུལ་ཙམ་དུ་མ་ཟད། སྲི་རྫས་རྣམས་ཀྱང་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཡང་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཅིང་། དེ་བཞིན་དུ་སྐར་ཆ་གཅིག་ལས་ཞུང་བར་གནས་པའི་འདུས་རྒྱུ་(ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་རྐྱང་ལྡན་ CO དང་། ན་ཡི་ཏྲིཀ་ཨོག་ས་ཡི་ཏེ་ NO ལྟ་བུ་)རྣམས་ཀྱང་དེའི་ཚུལ་དུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་དུ་ཡོད། བརྡ་འཕྲིན་གྱི་རིགས་གཞན་དག་གི་ཁོངས་སུ་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་སྲོག་ཆགས་རྣམས་རིམ་པ་བཞིན་ཕོ་མོ་སོ་སོར་འབྱེད་པའི་ཕོ་འབྲས་རྨེན་གཤེར་དང་བསམ་སེའུ་རྨེན་གཤེར་ལྟ་བུ་སྲི་རྫས་མིན་པའི་རྨེན་གཤེར་གྱི་རིགས་ཀྱང་ཡོད། དེར་མ་ཟད། རང་བྱུང་གི་འདུས་རྒྱུ་འབའ་ཞིག་གིས་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བ་དེ་འདྲ་ཡང་མེད། (ཁྱོད་ཀྱིས་དངོས་ཁམས་ཚན་རིག་ནང་མཐོང་བ་བཞིན་)སྣྲ་ལྷབས་ཀྱིས་ང་ཚོའི་རྣ་བར་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད་ལ། དེ་བཞིན་དུ་ཆེད་བཟོས་དངོས་རྫས་མང་པོ་ཞིག་གིས་ང་ཚོའི་ལུས་ནང་གི་བརྡ་འཕྲིན་མང་པོའི་ངོ་བཤུ་བཟོས་ཏེ་(ཕན་གནོད་ཅི་རིགས་ཀྱི་)རྣམ་པ་འདྲ་མིན་གྱི་སྒོ་ནས་ང་ཚོའི་ལུས་པོར་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད། དེ་འདྲའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་ནི་ཙི་ཁོ་ལེཏ་དང་། ཚང་རག འབུ་སྨན་ལྟ་བུའི་ནང་རྙེད་ཀྱིན་ཡོད། རྫས་སྨན་དང་རྩ་སྨན་སྟེ། གང་ཞིག་གི་རྒྱུ་ཆ་བཟང་བའི་རིགས་ཀྱིས་ང་ཚོའི་ནད་གསོ་བར་ཕན་པ་དང་། རྒྱུ་ཆ་ངན་པ་དག་གིས་འཕྲལ་དུ་ང་ཚོར་སྤྲོ་སྣང་གི་ཚོར་བ་སྤྲིན་ཡང་དོན་ལ་གནོད་འཚེའི་རང་བཞིན་ཅན་དུ་གྱུར་པ་དེ་གཉིས་ཀ་ཡང་རྩ་བའི་ཆ་ནས་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འདྲེན་བྱེད་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་གྲས་ཤིག་རེད།།

བདུག་སྤོས། འདི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བའི་འདུས་རྡུལ་ཞིག་རེད་དམ།
བདུག་སྤོས་ཀྱི་ཁྱབ་ཆར་གྱུར་པའི་སྤོས་རྩབས་ནི་ཉེ་ཆར་གསར་དུ་རྙེད་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བའི་འདུས་རྡུལ་ཞིག་རེད། འདུས་རྡུལ་འདིས་དྲོད་ཚོར་སྙེ་ལེན་པའི་སྲི་རྫས་ཀྱི་ཁྱིམ་གཞིས་སུ་གཏོགས་པའི་ང་ཚོའི་ཀླད་པའི་ནང་གི་སྙེ་ལེན་པ་ཞིག་བརྒྱུད་ནས་རང་གི་བྱེད་ལས་རྩོམ་གྱི་ཡོད།
རིག་གཞུང་སྣ་ཚོགས་པའི་ཁྲོད་ཀྱི་ཆོས་ལུགས་འདྲ་མིན་གྱིས་རང་རང་གི་ཚོ་གའི་ནང་བདུག་སྤོས་བཀོལ་སྤྱོད་བྱ་རྒྱུའི་གོམས་གཤིས་རང་དབང་དུ་བཙུགས་ཡོད་པའི་ཚུལ་ལ་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ངོ་མཚར་སྐྱེས་ཡོད། བདུག་སྤོས་ནི་ཏ་ཙང་རྩ་ཆེན་གྱི་རྩི་ཤིང་ཞིག་ལས་བླང་གིན་ཡོད་པ་དང་། ནང་པའི་ཆོས་ལུགས་ཀྱི་ནང་བདུག་སྤོས་ཀྱིས་སྒོམ་རྒྱག་པར་ཕན་ཞིང་། དེས་ཚུལ་ཁྲིམས་ཀྱི་དྲི་ངད་མཆོན་པའི་ངོས་འཛིན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།
དྲོད་ཚོར་སྙེ་ལེན་པ་དང་འདྲ་བའི་སྙེ་ལེན་པ་གང་ཞིག་དུད་འགྲོའི་ཀླད་པའི་ནང་དུ་ཡོད་པ་དེ་དང་སྤོས་རྩབས་གཉིས་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པ་ཞིབ་འཇུག་པ་དག་གིས་འགྲེལ་སྟོན་བྱས་ཡོད། འདུས་རྡུལ་དེ་དང་ཕྲད་པ་ལས་བྱུང་བའི་མཇུག་འབྲས་ཀྱི་གཤིས་སྤྱོད་དག་གིས་འདུས་རྡུལ་དེར་དངངས་འཚབ་དང་ཡིད་སྨུག་འགོག་པའི་ནུས་པ་ལྡན་པའི་སྟེ་སྟོན་བྱས་ཡོད། འགྲོ་བ་མིའི་ཆོས་ལུགས་ཀྱི་རྟེན་འབྲེལ་མཛད་སྒོ་ཏ་ཙང་མང་པོའི་ནང་ཅིའི་ཕྱིར་བདུག་སྤོས་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་པའི་རྒྱུ་མཚན་འགྲེལ་བཤད་གཅིག་ནི། བདུག་སྤོས་ཀྱིས་མི་རྣམས་ལ་ལུས་ཁམས་བདེ་བའི་ཉམས་སྣང་བསྐྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ནང་ཆོས་ནས་བསྟན་པ་བཞིན་བྱ་བ་བཟང་པོར་འཇུག་པར་བསྐུལ་སློང་བྱེད་པ་དེ་རེད།།

TOUCH RECEPTORS & MATERNAL CARE

We've known for many years that children who don't receive love and physical touching from their mothers or other adults often suffer serious mental and physical damage that affects them the rest of their lives. But only recently, have we begun to connect these environmental changes with changes at the cellular and genetic level.

Many of these deleterious symptoms from the lack of touching appear to be due to epigenetic changes. Epigenetic changes occur when a phenotype or characteristic is passed on from generation to generation, but *not* as a result of a change in the DNA sequence encoding genes. Instead the regulation of the genes—whether and when and how much the genes are turned on—is affected by some change in the environment.

A dramatic example of one such epigenetic change has been found in mice, and similar changes probably happen in humans. This change also involves receptors related to the temperature-sensitive receptors we discussed in this chapter. In this case the receptors are touch receptors. Touch receptors change their shape to allow ions to flow into their cells just like temperature-sensitive receptors do, but in this case instead of the heat changing the shape of the receptor, the actual physical pressure of touch does the trick.

We only understand a very little bit of this story, but it goes something like this: mouse pups (babies) who get a lot of care and touching from their mothers, at a particular time in the pups early life, grow up to be much calmer than pups who don't receive as much care and touching. Not only that, but females who receive more care from their moms tend to give more care to *their* pups, even if those females are not the natural genetic daughters of the moms giving them the extra care. So, somehow receiving a lot of physical touching from your mother translates into a complex adult behavior. So far, scientists have shown that these behaviors are strongly related to chemical modifications of a gene involved in nerve signaling, but exactly how touch is related to these changes is not yet clear.

the muscles in our hand. Finally in our muscles, another change in ion concentration (calcium again!) causes our muscles to contract, pulling our hand from the cup.

Even though it took us an entire book to figure out the processes involved in sensing the hot chai and pulling our hand away (and scientists still don't understand a lot of the story), it all happens in our bodies in less than a second!

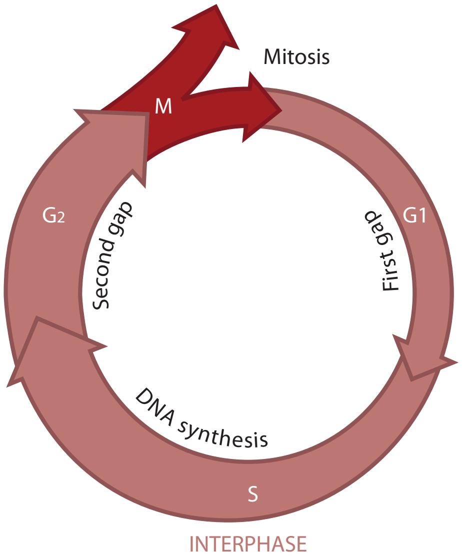


Figure 34: The Cell Cycle has two phases, mitosis and interphase. Interphase is further broken down into three parts -- G1 (First Gap), S (DNA Synthesis), and G2 (Second Gap).

HOW DO WE GET NEW CELLS?

When are new cells required?

You need new cells when old cells are killed or damaged. Imagine that when you touched the cup of hot chai, your reactions weren't fast enough, and you burned your hand. Often burning results in dead cells. How would you replace the cells that died?

You regularly need new cells to replace old and worn out cells. Your skin cells and your hair cells, for example, are constantly sloughing off and need to be replaced. Here, you replace a skin cell with another skin cell just like it.

Another major time when you need new cells is during development. Somehow you grow from a single-celled egg to an organism with billions and billions of cells. The process of development is covered in detail in Life Sciences Primer Year 3: Development and Physiology. During development, you often need not only a new cell, but a cell with a different personality than the one with which you started.

Two basic processes result in the production of new cells. We touched on one of these, meiosis, briefly in Life Sciences Primer 1. **Meiosis** is the process by which we produce

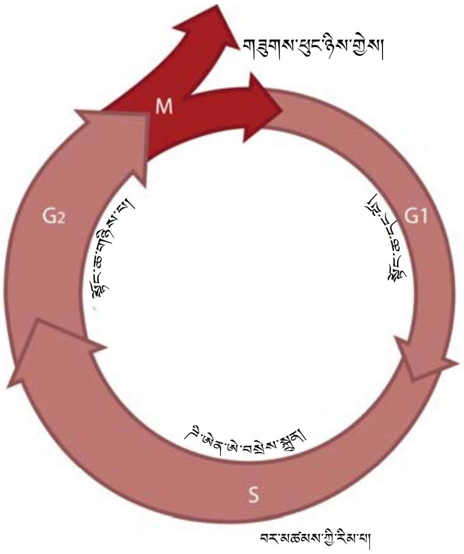
རིག་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་དང་། ཨ་མའི་བྲུམས་སྐྱོང་།

རང་གི་མའམ། ཡང་ན་མི་གཞན་པ་གཞན་ལས་བརྩེ་སྐྱོང་དང་། ལུས་ཀྱི་རིག་སྐྱོང་ཐོབ་མ་མྱོང་བའི་ཕྲུ་གུ་ཕལ་མོ་ཆེ་རང་གི་མི་ཚེ་གང་པོར་ཤུགས་རྐྱེན་ངན་པ་ཐེབས་པའི་ལུས་སེམས་ཀྱི་གནོད་སྐྱོན་ཚབས་པོ་ཆེས་ནོན་ནས་སྡོད་ཀྱིན་ཡོད་པ་ནི་ང་ཚོས་ལོ་མང་སྔོན་ནས་ཤེས་ཀྱིན་ཡོད། དེ་ལྟར་ནའང་གོང་གསལ་ཁོར་ཡུག་རིམ་པར་བྱུང་བའི་འགྱུར་བ་འདི་དག་དང་། ཡང་ཕྲ་ཕུང་དང་རིགས་རྫས་རིམ་པར་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བ་གཉིས་དབར་འབྲེལ་བ་ཡོད་ཚུལ་ཤེས་པ་དེ་ནི་ཉེ་ལམ་ཙམ་ནས་འགོ་བརྩམས་ཡོད།

ལུས་ལ་རིག་སྐྱོང་མ་ཐོབ་པའི་རྐྱེན་ལས་འབྱུས་པའི་གནོད་པ་ཅན་གྱི་མཚན་མ་འདི་རྣམས་རིགས་རྫས་ཀྱི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་བྱུང་བའི་འགྱུར་བ་དག་ལ་བརྟེན་ནས་བྱུང་བའི་སྣང་ཚུལ་ཡོད། རིགས་རྫས་ཕྱི་རོལ་གྱི་འགྱུར་བ་དེ་འདྲ་ནི་མངོན་རྣམ་མཚན་མའམ་མངོན་རྣམ་ཁྱད་རྟགས་ཤིག་མི་རབས་ནས་མི་རབས་སུ་བརྒྱུད་པ་ལས་འབྱུང་གི དེ་ནི་རིགས་རྫས་ལ་བརྡ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེའི་ཆགས་རིམ་རང་ལ་འགྱུར་བ་ཐེབས་པ་ལས་བྱུང་བ་ཞིག་མིན། དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ། རིགས་རྫས་ཀྱི་ནུས་པ་གང་ཞིག་སད་དམ་མི་སད། སད་ན་དུས་ནམ་གྱི་ཚེ་དང་ཚོད་ཇི་ཙམ་དུ་སད་དགོས་མིན་ལྟ་བུ་རིགས་རྫས་ལ་ཚོད་འཛིན་སྟངས་འཛིན་ཐེབས་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་ནི་ཁོར་ཡུག་ལ་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བ་འགག་བྱེད་ནུས་འདོན་པའི་དབང་གིས་འབྱུང་གི་ཡོད།

དེ་ལྟ་བུའི་རིགས་རྫས་ཕྱི་རོལ་གྱི་འགྱུར་བའི་དཔེ་མཚོན་འདུག་པོ་ཞིག་ནི་ཙི་ཙིའི་སྟེང་དུ་རྙེད་ཡོད་ཅིང་། མིའི་སྟེང་དུའང་དེ་མཚུངས་ཀྱི་འགྱུར་བ་འབྱུང་ཤས་ཆེ། འདིའི་འགྱུར་བའི་སྟེང་དུའང་ང་ཚོས་ལེའུ་འདིར་གླེང་སློང་བྱས་པའི་ཏོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དང་འབྲེལ་བའི་སྣེ་ལེན་པའི་ཐེ་གཏོགས་ཡོད། སྐབས་འདིར་སྣེ་ལེན་པ་དེ་དག་ནི་རིག་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་ཞེ་ཅིག་ཡིན། ཏོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དག་ཇི་བཞིན་དུ་རིག་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་དག་གིས་ཀྱང་རང་གི་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་དུ་གྱེས་རྒྱལ་རྒྱུག་འདུག་པའི་སྐད་དུ་སོ་སོའི་དབྱིབས་ལ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་གི་ཡོད། འོན་ཀྱང་གནས་སྐབས་འདིར་ཆ་ཏོད་ཀྱིས་སྣེ་ལེན་པའི་དབྱིབས་ལ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ་ཕྱིའི་རིག་ཐུག་གི་བྱ་བའི་གནོན་ཤུགས་དེ་ཉིད་ཀྱིས་འགྱུར་བ་དེ་སྐྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ད་ལྟ་ང་ཚོས་འདིའི་སྐོར་ཞུང་ཞིབ་ལས་མི་ཤེས་ཀྱང་། གང་ཤེས་པས་ནི་འདི་ལྟར་དུ་སྣེ་སྟོན་བྱེད་དེ། ཚེ་སྟོད་དུ་དུས་ཚིགས་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་ལ་རང་གི་སྐྱེད་མ་ལས་བྲུམས་སྐྱོང་དང་རིག་སྐྱོང་མི་ཤུང་བར་ཐོབ་པའི་ཙི་ཙིའི་ཕྲུག་གུ་དེ་རྣམས་དེ་ལྟའི་བྲུམས་སྐྱོང་ཐོབ་མ་མྱོང་བའི་ཙི་ཕྲུག་གཞན་ལ་ལྟོས་ཏེ་བྲུམས་སྐྱོང་མང་བ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་དང་། དེར་མ་ཟད། རང་གི་སྐྱེད་མའི་ས་ནས་བྲུམས་སྐྱོང་མང་བ་ཐོབ་པའི་ཙི་ཙི་མོ་རྣམས་ཀྱིས་རང་གི་ལུས་ལས་མ་སྐྱེས་པའི་ཙི་ཙིའི་ཕྲུ་གུ་ལའང་གཞན་ལ་ལྟོས་ཏེ་བྲུམས་སྐྱོང་མང་བ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་ཉུང་ཡང་རང་གི་སྐྱེད་མ་ལས་ལུས་ཀྱི་རིག་སྐྱོང་ཐོབ་པ་དེ་རང་ཉིད་ནར་སོན་པ་ན་རྣོག་འཛིང་རང་བཞིན་གྱི་གཤིས་སྤྱོད་(བཟང་པོ་)ཞིག་གི་ངོ་བོར་འཕེལ་གྱི་ཡོད། ད་བར་ཚན་རིག་པ་དག་གིས་གཤིས་སྤྱོད་འདི་རྣམས་དབང་རྩའི་ནང་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བའི་བྱེད་རིམ་དང་སྦྲེལ་བའི་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྫས་ཆར་ཁ་སྒྱུར་ཐེབས་པ་དང་འབྲེལ་བ་དམ་པོ་ཡོད་པར་བསྟན་ཡོད། དེ་ལྟར་ནའང་རིག་ཐུག་གི་བྱེད་རིམ་དེ་འགྱུར་ལྡོག་འདི་དག་དང་ཇི་ལྟར་སྦྲེལ་བའི་ཚུལ་ད་དུང་ཡང་ཇི་བཞིན་དུ་ཤེས་ཀྱི་མེད།



དཔེ་རིས། ༡༩ ཕྲ་ཕུང་གི་འཁོར་རྒྱུན་ལ་རིམ་པ་གཉིས་ཡོད་དེ། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་རིམ་པ་དང་། བར་མཚམས་ཀྱི་རིམ་པ་བཅས་ཡིན། བར་མཚམས་ཀྱི་རིམ་པ་དེ་སླར་ཡང་ཆ་གསུམ་དུ་ཕྱེ་ཡོད་པ་ནི། G1(སྟོང་ཐུན་དང་པོ་)དང་། S (ཊི་ཨེན་ཨེ་བསྐྱེས་སྐྲུན་གྱི་ཐུན་)དང་། G2(སྟོང་ཐུན་གཉིས་པ་)བཅས་ཡིན།

མཐའ་མར་ང་ཚོའི་ཤ་གནད་ནང་གྱེས་རྒྱལ་གྱི་གར་ཚད་(འདི་ཡང་ཁེལ་ཤི་ཡམ་ཡིན་པ་རེད་)ལ་འགྱུར་བ་གཞན་ཞིག་བྱུང་བ་དེས་ཤ་གནད་འཕྲུམས་པའི་རྒྱུ་བྱེད་ཅིང་། དེས་ཐོར་པ་ལས་ལག་པ་ཚུར་འཐེན་པར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཇ་ཆ་པོ་ཚོར་བ་དང་ལག་པ་ཚུར་འཐེན་པའི་རྒྱུད་རིམ་འདི་ཁོང་དུ་ཆུབ་པར་ང་ཚོར་དེབ་ཡོངས་རྫོགས་གཅིག་བསྒྲིགས་དགོས་བྱུང་ཡང་། རྒྱུད་རིམ་དེ་ཆ་ཚང་ང་ཚོའི་ལུས་པོའི་ནང་སྐར་ཆ་གཅིག་ལས་ཞུང་བའི་ཡུན་ཚད་ནང་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། (ཚན་རིག་པ་རྣམས་ཀྱིས་ད་དུང་ཡང་སྒྲུང་དེའི་ཆ་ཤས་མང་པོ་ཞིག་ཤེས་ཀྱི་མེད།)

ང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་ཇི་ལྟར་འཐོབ་བམ།

དུས་ནམ་ཞིག་གི་ཚེ་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་མཁོ་བ་ཡིན་ནམ།

ཕྲ་ཕུང་རྙིང་པ་རྣམས་ཤི་བའམ་དེ་དག་ལ་གནོད་སྐྱོན་ཐེག་པ་ན་ང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་གསར་པའི་དགོས་མཁོ་འབྱུང་གིན་ཡོད། ཁྱོད་ཀྱིས་ཇ་ཆ་པོ་བླུགས་པའི་ཐོར་པར་རེག་པའི་ཚེ། ཡ་ལན་སྤྲོད་རྒྱུ་ཕྱིས་འགྱངས་སོང་བའི་དབང་གིས་ཁྱོད་ཀྱི་ལག་པ་འཚིགས་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། སྐབས་དེ་འདྲ་མང་པོར་འཚིག་པའི་བྱེད་རིམ་གྱི་མཇུག་འབྲས་སུ་ཕྲ་ཕུང་མང་པོ་འཆི་གིན་ཡོད། ཤི་བའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྣམས་ཁྱོད་ཀྱིས་ཇི་ལྟར་ཁ་གསབ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན་ནམ།

ཕྲ་ཕུང་རྙིང་པ་དང་ཟུངས་ཟད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཚབ་ཏུ་ཁྱོད་ལ་རྒྱུན་དུ་ཕྲ་ཕུང་གསར་པའི་དགོས་མཁོ་འབྱུང་གིན་ཡོད། དཔེར་ན་ཁྱོད་ཀྱིས་རང་གི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དང་སྐྲ་སྤུའི་ཕྲ་ཕུང་རྟག་ཏུ་འདོར་གྱི་ཡོད་ལ། དེའི་ཁ་གསབ་ཀྱི་ཚུལ་དུ་ཁྱོད་ལ་ཕྲ་ཕུང་གསར་པའི་དགོས་མཁོ་འབྱུང་གིན་ཡོད། འདིར་ཁ་གསབ་བྱེད་ཚུལ་ནི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ཚབ་ཏུ་དེ་དང་མཚུངས་པའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་ཞིག་གྲུབ་པའི་སྒོ་ནས་བྱས་པ་རེད།

ཁྱོད་ལ་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་མཁོ་བའི་གནས་སྐབས་གཙོ་ཆེ་བ་གཞན་ཞིག་ནི་ལུས་ཀྱི་འཕེལ་རྒྱས་འགྲོ་བའི་སྐབས་དེ་རེད། ཕྱོགས་ཤིག་ནས་བལྟས་ན་ཁྱོད་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་པའི་སྒོང་ཞིག་གི་ངོ་བོ་ནས་ཕྲ་ཕུང་ཐེར་འབུམ་དང་ཐེར་འབུམ་ལྡན་པའི་སྐྱེ་ལྡན་ཞིག་ཏུ་འཕེལ་གྱི་ཡོད། འཕེལ་རྒྱས་ཀྱི་རྒྱུད་རིམ་འདིའི་སྐོར་རྒྱས་པར་ལོ་རིམ་གསུམ་པའི་ཚེ་སློག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་"འཕེལ་རྒྱས་དང་ལུས་ཁམས་རིག་པ་"ཞེས་པའི་ནང་གསལ་ཡོད། འཕེལ་རྒྱས་ཀྱི་རྒྱུད་རིམ་བརྒྱུད་པའི་སྐབས་ཁྱོད་ལ་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་ཙམ་དུ་མ་ཟད། དང་ཐོག་འགོ་འཛུགས་པའི་སྐབས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་པུ་དེ་ལས་གཉིས་ཀ་མི་གཅིག་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིའང་དགོས་མཁོ་ཡང་ཡང་འབྱུང་གིན་ཡོད།

gametes—sperm or egg. Here we will focus instead on a very similar process, **mitosis**, the basic cell division that millions of your cells undergo quite often in order to address any of the three situations where new cells are needed: to replace dead cells, to replace old cells, to make cells with new jobs. During mitosis, one mother cell divides into two identical daughter cells as shown in Figure 20.

Mitosis is the most dramatic part of a larger process called **the cell cycle**. As you can see in Figure 34, the cell cycle has two stages: mitosis or cell division (M phase), followed by interphase. As you can tell from the name, **interphase** means 'the phase between' cell divisions. Interphase is further broken down into three parts, gap phase one (G_1), followed by DNA synthesis (S phase), and gap phase two (G_2) before cell division happens again, over and over until the cell is killed or dies of old age.

Think about the central problem each of the billions of cells of your body has: it has to monitor itself and make sure it's doing the job it's supposed to in the community of other cells in which it exists and, at a certain point (when it's getting old or not working as well as it might), it must divide into two. On the other hand, if a cell is killed, by burning, it can't divide because it's dead, so other cells in the neighborhood have to realize one of its community has died and replace it.

When a cell (call it a mother cell) divides, it doesn't make two entirely new cells (daughter cells). Instead, the mother cell uses the information and materials it has as a **template** for the two daughters. In other words, each new daughter cell has *both* new and old material. Each cell has to duplicate everything in it during interphase before it divides. All those parts of the cell we learned about in this book—DNA, nuclei, mitochondria, Golgi apparatus, endoplasmic reticula, and membranes and membrane proteins for all these organelles—must be duplicated before cell division can occur.

As an example of this duplication, let's follow the DNA, and its replication and division. When the DNA divides in cells, it is relatively easy to stain and see in microscopes, so the DNA replication and division stages (S-phase and M-phase) have been well studied. Look at the figure (Figure 35) as we discuss how this happens.

Remember that part of the beauty of the double-helical structure of DNA is that it allows for easy replication of itself. Indeed, in S-phase, when the DNA receives a signal to replicate, enzymes unwrap the DNA helix and both strands of it are copied by an enzyme called **DNA polymerase** (an enzyme that makes a polymer of DNA). After

YOUR TURN:
DESIGN A CELLULAR CYCLE

Cells evolved mechanisms that allow them to monitor and drive their own cell cycles and to ensure they divide continually. Consider what might go on inside a cell as it moves through the stages of the cell cycle illustrated in Figure 35. Thinking about what you have learned about evolution, cells, genes, and the environment, develop a molecular model for how the cell might ensure that it stays in a cycle. How could you test your ideas? Based on your ideas, how might a cell stop itself from cycling?

CHECKPOINTS,
CELL SUICIDE, AND CANCER

Lee Hartwell won the Nobel Prize for identifying what he called 'checkpoints' in the cell cycle. A cell does not want to move on to the next point in the cell cycle unless it is sure everything is going well. Has all the DNA been replicated? Has it been replicated accurately? Have all the new organelles and membranes been made? So, cells have evolved mechanisms, highly conserved across most organisms, to check out the situation. If all is not well, the cell will try and fix things before dividing. There are many enzymes that monitor and repair cell parts and report back to master checkpoint proteins on how things are going. If a cell is unable to repair itself, it will undergo a process called apoptosis, or programmed cell death. This process signals other cells nearby to replace the dying cell and prevents faulty cells from making more of themselves. What would happen if the checkpoints don't work and copies of bad cells are made? One possible result is uncontrolled cell division, which is called cancer.

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས།

ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་ཞིག་གི་ཇུས་འགོད་ཕྱོགས།

ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་རང་རང་གི་འཁོར་རྒྱུན་ལ་བྱ་ར་བྱེད་པ་དང་། སྐུལ་སྐྱོང་བྱེད་པ་དང་། རང་ཉིད་མུ་མཐུད་དེ་ཆ་སོ་སོར་ཁ་འགྱེ་བར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ཆ་ལག་རྣམས་རང་བྱུང་གི་འཕེལ་འགྱུར་ཁྲོད་ནས་རིམ་ཐོན་བྱུང་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༡༥ ནང་བསྟན་པའི་ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་གྱི་དུས་རིམ་བརྒྱུད་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ནང་ཤོག་ཏུ་ཅི་ཞིག་འབྱུང་སྲིད་པའི་ཕྱོགས་ལ་བསམ་གཞིག་ཅིག་ཕྱོས། ཁྱོད་ཀྱིས་འཕེལ་འགྱུར་དང་། ཕྲ་ཕུང་། རིགས་རྫས། ཁོར་ཡུག་བཅས་ཀྱི་སྐོར་གང་བསླབས་པ་རྣམས་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་བཞིན་དུ་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་འཁོར་རྒྱུན་དེར་མུ་མཐུད་དུ་གནས་པར་ཕྲ་ཕུང་རང་ཉིད་ཀྱིས་ཁག་ཐེག་ཇི་ལྟར་བྱེད་པའི་ཚུལ་མཚོན་པའི་འདུས་རྩལ་རིམ་པའི་དཔེ་ཚད་ཅིག་སྒྲུབས་དགོས། ཁྱོད་ཀྱིས་རང་གི་རིག་པ་དེ་བདེན་མིན་ཇི་ལྟར་དཔྱོད་བཤེར་བྱེད་དམ། ཁྱོད་ཀྱིས་བརྗོད་པའི་རིག་པ་དེ་གཞིར་བཞག་ན་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གིས་རང་གི་འཁོར་རྒྱུན་དེའི་རྒྱུན་ཇི་ལྟར་གཅོད་པར་བྱེད་དམ།

མཚམས་འཛིན་ས་ཚིགས། ཕྲ་ཕུང་གི་རང་ལྡེབས་རྣམ་པ།

སྐྲན་ནད།

སྐུ་ཞབས་ལི་ཧྲར་ཊེ་ཧྭེལ་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་ཁྲོད་ཀྱི་'མཚམས་འཛིན་ས་ཚིགས་'ཞེས་སུ་འབོད་པའི་རིམ་པ་དེ་ངོས་བཟུང་བ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁོང་ལ་ནོ་སྦེལ་གཟེངས་རྟགས་ཕུལ་ཡོད། ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གིས་རང་གི་བྱེད་རིམ་ཡོངས་རྫོགས་ལེགས་པར་བསྒྲོད་ཀྱིན་པར་ངེས་གཏན་མ་བྱས་བར་དུ་རང་གི་འཁོར་རྒྱུན་ཁྲོད་ཀྱི་དུས་རིམ་ཕྱི་མར་བསྒྲོད་འདོད་བྱེད་ཀྱི་མེད། དེ་ཡང་། ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡོངས་རྫོགས་བསྐྱར་བཟོ་བྱས་འདུག་གམ། བསྐྱར་བཟོ་དེ་དག་ནོར་འཛོལ་མེད་པར་བྱས་འདུག་གམ། དབང་ཕྲ་དང་སྐྱི་མོ་གསར་པ་ཀུན་བཟོས་ཟིན་འདུག་གམ། ལྟ་བུའི་ཞིབ་བཤེར་བྱེད་པ་ཡིན། དེས་ན་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་རང་གི་སྐབས་འབྲེལ་གནས་སྟངས་ལ་བྱ་ར་བྱེད་པའི་ཆ་ལག་རྣམས་རང་བྱུང་གི་འཕེལ་འགྱུར་ཁྲོད་དུ་རིམ་ཐོན་བྱུང་ཡོད་ཅིང་། ཆ་ལག་དེ་དག་ཀྱང་སྐྱེ་ལྡན་ཕལ་མོ་ཆེའི་ཁྲོན་དུ་ཧ་ཅང་ཚགས་བཟང་པོར་གནས་ཡོད། ཅི་སྟེ་འགའ་ཡང་འཐུས་མ་ཚང་བར་གྱུར་ཡོད་ཚེ་ཕྲ་ཕུང་གིས་རང་ཉིད་ཁ་མ་གྱེས་པའི་གོང་དུ་དེ་ཀུན་བཅོས་ཐབས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཕྲ་ཕུང་གི་གྲུབ་ཆའི་ཡན་ལག་རྣམས་ལ་བྱ་ར་དང་བཟོ་བཅོས་བྱེད་པའི་སྨིན་རྫས་མང་དག་ཅིག་ཡོད་ཅིང་། དེ་རྣམས་ཀྱིས་མཚམས་འཛིན་ས་ཚིགས་སོ་སོར་འཁོད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཨ་མ་རྣམས་ལ་བྱེད་རིམ་ཇི་ལྟར་བསྒྲོད་ཀྱིན་པའི་སྐོར་གྱི་ཆ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད། གལ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་རང་གིས་རང་ཉིད་སོར་ཆུད་པ་ཞིག་མ་བྱུང་ཚེ། དེ་ཉིད་'རང་ཞིག་རིམ་པ་'ཞེས་སུ་འབོད་པའི་སྔར་ནས་བཀོད་སྒྲིག་ཟིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་རིམ་ཞིག་ཏུ་བཞུད་ཀྱི་ཡོད། བྱེད་རིམ་འདིས་ཉེ་འདབས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་རྣམས་ལ་འཆི་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཁ་གསབ་བྱེད་དགོས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ཞིང་། ཕྲ་ཕུང་སྐྱོན་ཅན་གྱི་རིགས་མུ་མཐུད་དུ་མཆེད་འཕེལ་བྱེད་པར་སྔོན་འགོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། གལ་སྲིད་མཚམས་འཛིན་ས་ཚིགས་རྣམས་ཀྱིས་རང་གི་ལས་དོན་ཇི་བཞིན་མ་བསྒྲུབས་པའི་དབང་གིས་ཕྲ་ཕུང་སྐྱོན་ཅན་རིགས་ཀྱི་འདྲ་བཤུས་བཟོ་རུ་བཅུག་ན་གང་འབྱུང་སྲིད་དམ་ཞེ་ན། འབྱུང་སྲིད་པའི་གྲུབ་འབྲས་གཅིག་ནི་ཚོད་འཛིན་མེད་པར་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་བྱ་རྒྱུ་དེ་ཡིན་ལ། དེ་ལ་སྐྲན་ཟེར་བ་རེད།

ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་དེ་རྣམས་གཞི་རིམ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་གཉིས་ཀྱི་འབྲས་བུར་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་གཉིས་ལས་གཅིག་ནི་སྐྱེད་ཕུང་བཞི་གྱེས་ཡིན་ཞིང་། དེའི་སྐོར་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོར་བུད་ཙམ་གླེང་སློང་བྱས་ཟིན། སྐྱེད་ཕུང་བཞི་གྱེས་ནི་ཁམས་རྟུལ་ཏེ། ཁམས་དཀར་པོའམ། ཡང་ན་ཁམས་དམར་པོ་གང་རུང་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་ཡིན། འདིར་ང་ཚོས་དེ་དང་བྱེད་རིམ་ཧ་ཅང་མཚུངས་པའི་གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཞེས་པ་དེར་དམིགས་འཛུགས་བྱ་རྒྱུ་ཡིན་ལ། དེ་ནི་ཁྱོད་ཀྱི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ས་ཡ་མང་པོས་དུས་ནས་དུས་སུ་བརྒྱུད་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་ཚུལ་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་རེད། ཤི་ཟིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་ཁ་གསབ་བྱེད་པ་དང་། རྙིང་ཟིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་ཁ་གསབ་བྱེད་པ། བྱེད་ལས་གསར་པ་ཅན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་པ་བཅས་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་མཁོ་བའི་གནས་སྟངས་གསུམ་པོ་ཅི་རིགས་པའི་སྐབས་སུ་བྱེད་རིམ་འདི་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་སྐབས་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་རིགས་འདྲའི་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་སུ་ཁ་འགྱེ་བ་ཡིན་ལ། དེའི་ཚུལ་ནི་དཔེ་རིས་ ༡༠ ནང་བསྟན་ཡོད།

གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ནི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཁོར་རྒྱུན་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་རྒྱུད་རིམ་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བ་ཞིག་གི་ཆ་ཤས་ཟིང་ལོང་ཆེ་ཤོས་དེ་རེད། ཁྱོད་ཀྱིས་དཔེ་རིས་ ༡༩ ནང་མཐོང་བ་བཞིན་ཕྲ་ཕུང་གི་འཁོར་རྒྱུན་དེ་ལ་རིམ་པ་གཉིས་ཡོད་དེ། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་སམ་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་ འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་(M ཐུན་)དང་། དེའི་རྗེས་སུ་འཇུག་པའི་བར་མཚམས་ཀྱི་ཐུན་བཅས་ཡིན། ཁྱོད་ཀྱིས་ཐ་སྙད་རང་ལ་བལྟས་ནས་བརྗོད་ཐུབ་པ་བཞིན་བར་མཚམས་ཀྱི་ཐུན་ཞེས་པ་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་གྱི་ཐུན་སོ་སོའི་དབར་གྱི་བར་མཚམས་དེ་ལ་གོ་བ་ཡིན། བར་མཚམས་ཀྱི་ཐུན་དེ་ལ་ནང་གསེས་ཆ་གསུམ་ཡོད་དེ། སྟོང་ཐུན་དང་པོ་(G_1)དང་། དེའི་རྗེས་ཀྱི་ཌི་ཨེན་ཨེ་འདུས་སྦྱོར་གྱི་ཐུན་(S ཐུན་)དང་། སྟོང་ཐུན་གཉིས་པ་(G_2)བཅས་ཡིན་ལ། དེ་རྗེས་སླར་ཡང་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལྟའི་རྒྱུད་རིམ་དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཉིད་གཞན་གྱིས་མ་བསད་ཀྱི་བར་རམ། རང་ཉིད་རྒས་ཏེ་མ་ཤི་བའི་བར་དུ་ཟམ་མ་ཆད་པར་ཡང་ཡང་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད་པ་རེད།

ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་པོར་ཕྲ་ཕུང་ཐེར་འབུམ་མང་པོ་ཡོད་པ་དེ་རེ་རེར་འཕྲད་པའི་དཀའ་ཁག་གཙོ་ཆེ་བ་དག་ལ་བསམ་གཞིག་ཅིག་བྱས་ན་འདི་ལྟར། དེས་རང་ཉིད་ལ་བྱ་ར་བྱེད་དགོས་ཤིང་། རང་གང་དུ་འཚོ་སའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་སྡེའི་ཁྲོད་དུ་རང་ལ་འཁྲི་བའི་ལས་དོན་དེ་ཇི་བཞིན་དུ་འགྲུབ་པར་ངེས་གཏན་བྱེད་དགོས་པ་དང་། དུས་མཚམས་ཤིག་ལ་(རང་ཉིད་རྒས་པའི་སྐབས་སམ། ཡང་ན་རང་གི་ལས་དོན་ཚུལ་བཞིན་འགྲུབ་མི་ཐུབ་པའི་སྐབས་)རང་བཞིན་གྱིས་རང་ཉིད་ཆ་གཉིས་སུ་ཁ་འགྱེ་དགོས་ལ། ཡང་ཕྱོགས་གཞན་ཞིག་ཏུ། གལ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་དེ་མེས་འཚིགས་པའི་དབང་གིས་ཤི་བར་གྱུར་ན། རང་ཉིད་ཤི་ཟིན་པས་སླར་འགྱེ་འགྱུར་བྱེད་མི་ཐུབ་ལ། དེས་ན་འདབས་ཆགས་སུ་གནས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རང་གི་ཚོགས་སྡེའི་ཆ་ཤས་ཤིག་ཤི་བ་ཤེས་པར་བྱས་ཏེ་དེའི་ཁ་གསབ་འགྲུབ་དགོས་པ་བཅས་ཡིན།

དེ་ལ་ཕྲ་ཕུང་(འདི་ལ་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་ཞེས་འབོད་ལ)ཞིག་ཁ་འགྱེ་སྐབས་དེ་ལས་ཕྲ་ཕུང་(འདི་ལ་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་ཞེས་འབོད་རྒྱུ་ཡིན་)གཞི་རྩ་ནས་ཐད་དེ་གསར་པ་ཡིན་པ་གཉིས་མི་འགྲུབ་པར། མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་གིས་རང་ལ་ཡོད་པའི་ཆ་འཕྲིན་དང་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་བསྐྲུན་པའི་དཔེ་ཚད་དུ་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདི་ཚིག་གཞན་དུ་བརྗོད་ན་འདི་ལྟར་ཏེ། ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་རེ་རེ་ལ་རྒྱུ་ཆ་གསར་པ་དང་རྙིང་པ་གཉིས་ཀ་འདུས་ཡོད། དེ་ལ་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེ་ནས་རང་ཉིད་འགྱེ་འགྱུར་མ་ཐེབས་པའི་སྔོན་རོལ་ཏུ་བར་ཐུན་གྱི་གནས་སྐབས་དེར་རང་ནང་གི་རྒྱུ་ཆ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ངོ་བཤུས་བཟོ་དགོས་ཀྱི་ཡོད། ང་ཚོས་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་དུ་སྦྱངས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་ཐམས་ཅད་དེ། ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་། ཉིང་རྟུལ། ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་རྟུལ། སྒོལ་གཟུགས། གཤེར་ནང་དྲ་ཚོགས། སྐྱི་མོ་དང་། དབང་ཕྲ་འདི་ཐམས་ཅད་ཀྱི་སྐྱི་མོའི་སྤྲི་རྫས་བཅས་པ་དེ་ཀུན་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་མ་ཐེབས་གོང་དུ་ངེས་པར་དེ་དག་གི་ངོ་འདྲ་རེ་བཟོས་ཟིན་དགོས་པ་ཡིན།

ངོ་བཤུས་བཟོ་བའི་བྱེད་རིམ་གྱི་དཔེ་མཚོན་གྱི་ཆེད་དུ་ང་ཚོས་ཌི་ཨེན་ཨེ་དང་། དེའི་ངོ་བཤུ་བྱེད་རིམ་དང་འགྱེ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་བཅས་ཀྱི་རྗེས་སུ་བསྙེག་པར་བྱའོ། །ཕྲ་ཕུང་ནང་ཌི་ཨེན་ཨེ་འགྱེ་འགྱུར་ཐེབས་སྐབས་དེར་ཚོས་བྱུགས་ཏེ་ཕྲ་མཐོང་ཆེ་ཤེལ་བརྒྱུད་མཐོང་སླ་བར་བྱེད་དུ་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་ཌི་ཨེན་ཨེའི་ངོ་བཤུ་བྱེད་རིམ་དང་འགྱེ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་བཅས་(S ཐུན་དང་། M ཐུན་)ལ་ད་བར་དབྱེ་ཞིབ་ལེགས་པོ་བྱས་ཡོད། ང་ཚོས་འདིའི་འབྱུང་ཚུལ་སྐོར་གླེང་སྐབས་འབྲེལ་ཡོད་དཔེ་རིས་(དཔེ་རིས། ༡༥)ལ་བལྟ་དགོས།

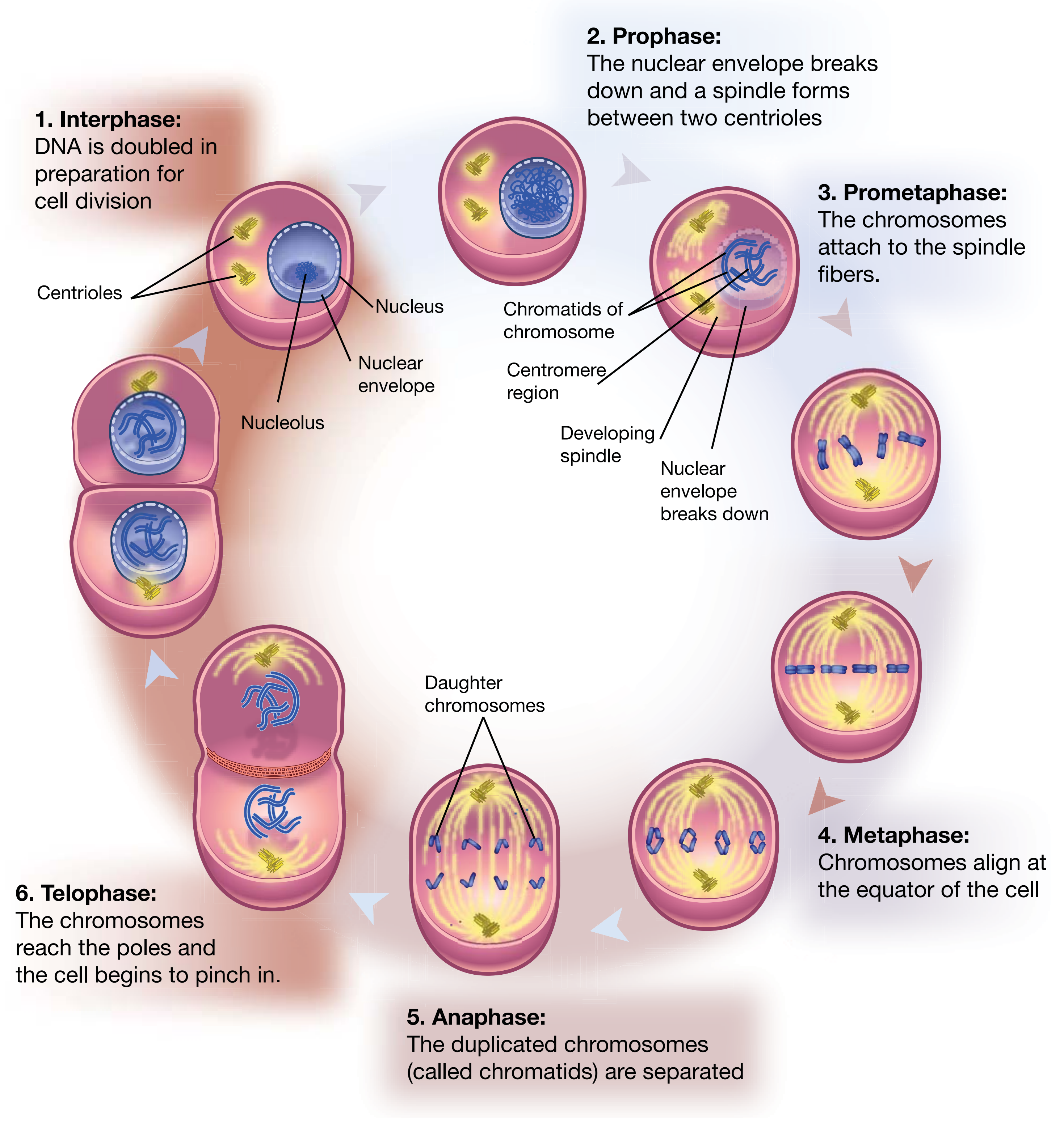
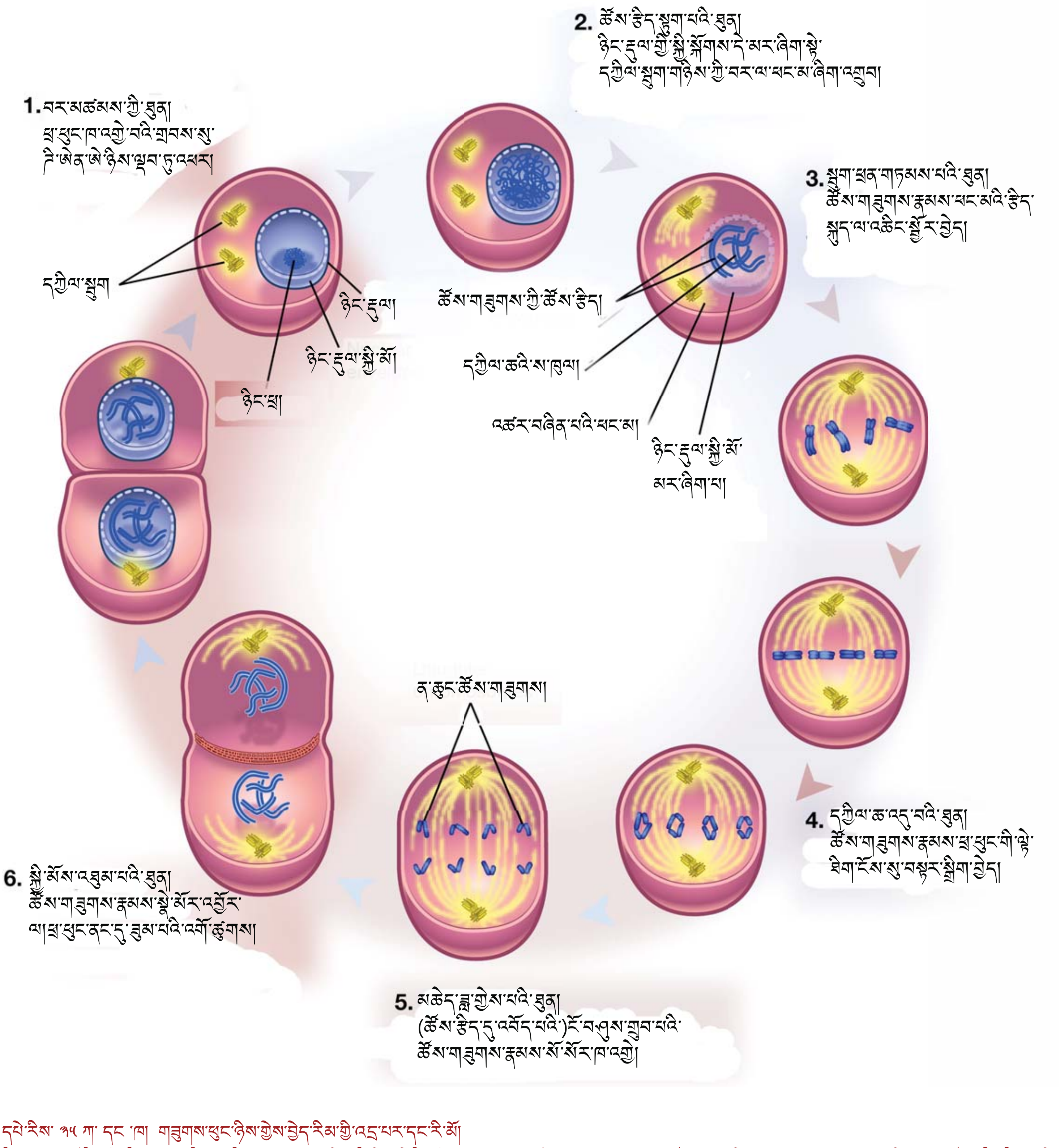


Figure 35A + B. Drawings and photographs of mitosis. The first stage is prophase: the DNA-chromosomes condense and become more distinctly visible, and proteins (called spindles), which will eventually pull the copied chromosomes apart, begin to form. In the next stage, prometaphase, the nuclear membrane breaks down, and the spindle proteins find and connect to the center of each chromosome. In metaphase, the spindle fibers align the chromosomes at the center of the cell. And in anaphase one set of the genetic material is pulled to each side of the cell by the spindle fibers. In telophase, two new nuclear membranes form, one around each set of chromosomes. Finally, in cytokinesis a ring of proteins pinches the cell in half forming two complete daughter cells, each with a copy of the mother cell's DNA (one strand of which is the actual mother cell DNA and one of which is newly synthesized). (B) Mitosis in real cells. Pictures of mitosis taken using fluorescent microscopes from http://www.microscopy.fsu.edu/cells/fluorescencemitosis/metaphasesmall.html .



དཔེ་རིས་ ༣༥ ཀ་ དང་ ཁ། གཟུགས་ཕུང་ཞིབ་གྲིས་བྱེད་རིམ་གྱི་འདྲ་པར་དང་རི་མོ།
རིམ་པ་དང་པོ་ནི་ཆོས་རྫིང་སྡུག་པའི་དུས་ཡིན་ལ། སྐབས་དེར་ཊི་ཨེན་ཨེའི་ཆོས་གཟུགས་སྡུག་པོར་འགྱུར་བ་དང་། མངོན་གསལ་ཆེ་བར་འགྱུར་ལ། (པང་མ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་)སྦྲི་རྫས་ཏེ་གང་ཞིག་གིས་དགོད་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་འདྲ་བཤུས་རྣམས་སོ་སོར་དབྲལ་བར་བྱེད་པ་དེ་འགྲུབ་པའི་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད། དེའི་རྗེས་ཀྱི་རིམ་པ་ནི་སྡུག་ཕྲན་གཏམས་པའི་དུས་ཡིན་ལ། གནས་སྐབས་དེར་ཉིང་རྡུལ་སྐྱི་མོ་དེ་ཞིག་རལ་དུ་གྱུར་པ་དང་། པང་མའི་སྦྲི་རྫས་ཀྱིས་ཆོས་གཟུགས་རེ་རེའི་དཀྱིལ་ཆ་འཆོལ་ཏེ་དེ་དག་དང་སྦྲེལ་གྱི་ཡོད། དཀྱིལ་ཆ་འདུ་བའི་དུས་ཀྱི་ཚེ་པང་མའི་རྫིང་སྐྱུད་རྣམས་ཀྱིས་ཆོས་གཟུགས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གི་དཀྱིལ་དུ་ཏུ་བསྟར་སྒྲིག་པར་བྱེད་ལ། དེ་ནས་མཆེད་བླ་གྲིས་པའི་དུས་ཀྱི་སྐབས་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྫས་ཚའི་སྣེ་ཚན་གཉིས་པོ་རེ་རེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་གཡོགས་རེ་རེའི་ཕྱོགས་སུ་པང་མའི་རྫིང་སྐྱུད་རྣམས་ཀྱིས་འཐེན་གྱི་ཡོད། སྐྱི་མོས་འཐུམ་པའི་དུས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་སྣེ་ཚན་རེ་རེའི་མཐའ་འཁོར་དུ་ཉིང་རྡུལ་སྐྱི་མོ་གསར་པ་རེ་རེ་སྣེ་ཁྲོན་བསྒོམས་སྐྱི་མོ་གཉིས་གསར་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། མཐའ་མ། གཞིར་རྫས་བགོ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནང་སྦྲི་རྫས་ཀྱི་སྙོར་གཟུགས་ཤིག་གིས་ཕྲ་ཕུང་བཙིར་ཏེ་ཕྱེད་ཀར་བཏང་བས། ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གང་པོ་གཉིས་གྲུབ་པར་བྱེད་ལ། དེ་རེ་རེ་ལ་མ་ཕུང་གི་ཊི་ཨེན་ཨེའི་འདྲ་བཤུ་རེ་ཡོད། (ཞུག་མ་གཉིས་ལས་གཅིག་ནི་མ་ཕུང་གི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ངོ་མ་དེ་ཡིན་པ་དང་། གཅིག་ནི་གསར་དུ་སྦྱོར་སྒྲུན་བྱས་པ་དེ་ཡིན།) (ཁ) ཕྲ་ཕུང་ངོ་མའི་ནང་གི་གཟུགས་ཕུང་ཞིབ་གྲིས་ཀྱི་བྱེད་རིམ། འོད་འཚེར་ཆེ་ཤེལ་སྐྱུད་དེ་བླངས་པའི་གཟུགས་ཕུང་ཞིབ་གྲིས་ཀྱི་དཔར་རིས། གཞུམ་གྱི་དྲ་རྒྱའི་ཁ་བྱང་འདི་ནས་བླངས། http://www.microscopy.fsu.edu/cells/fluorescencemitosis/metaphasesmall.html

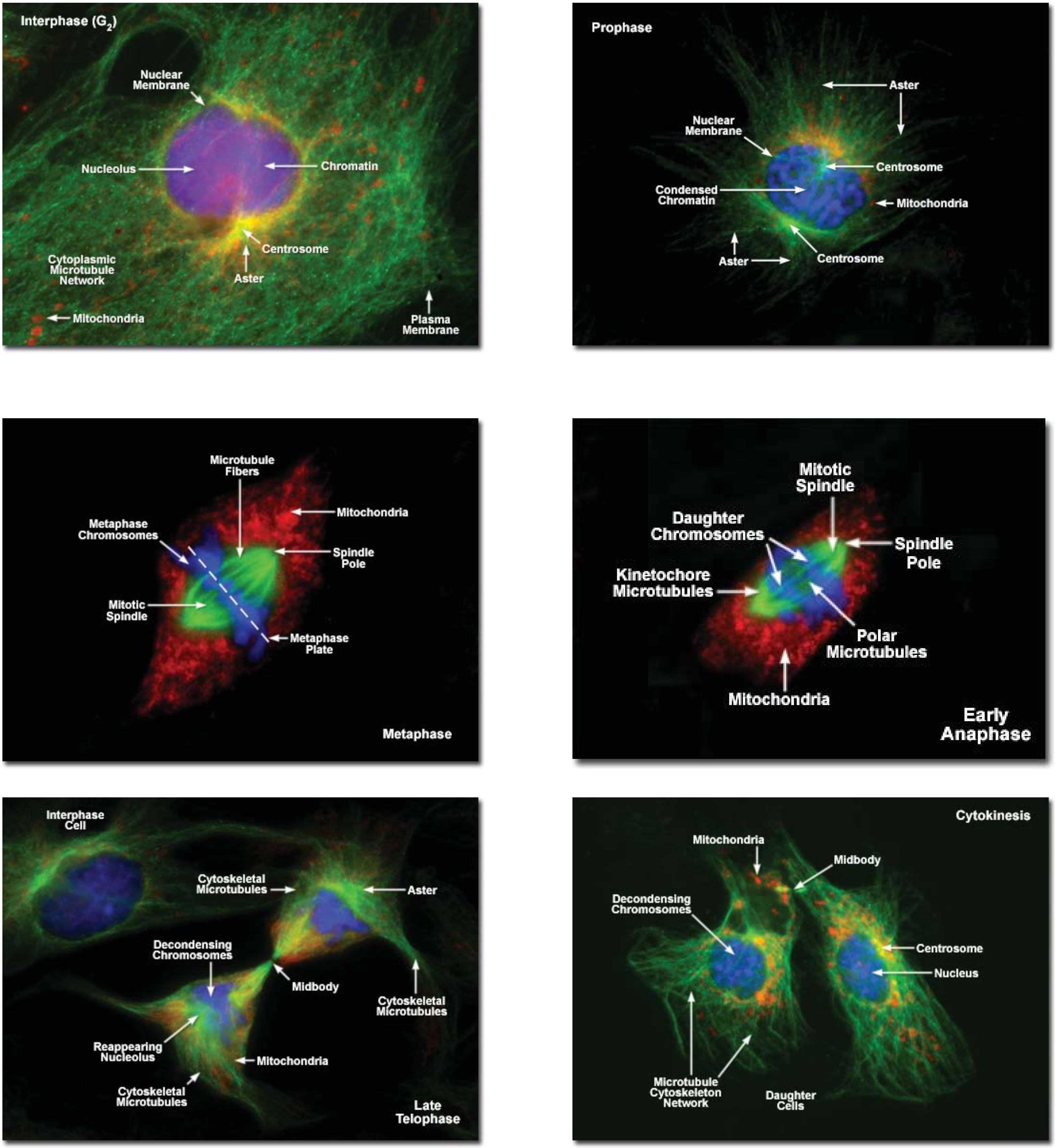
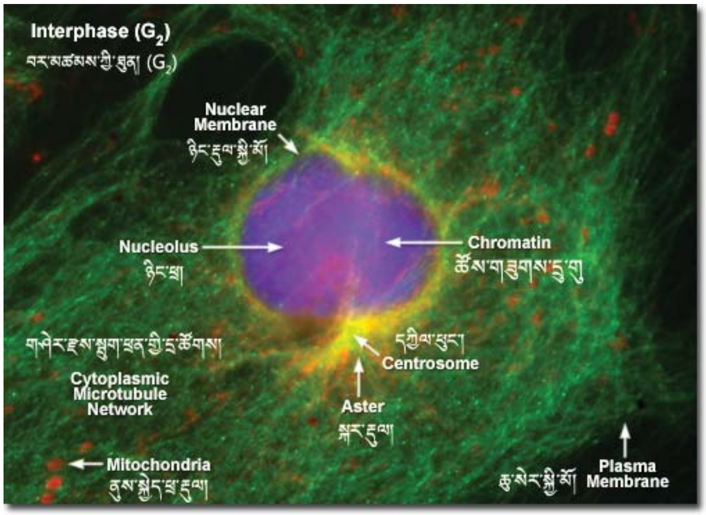
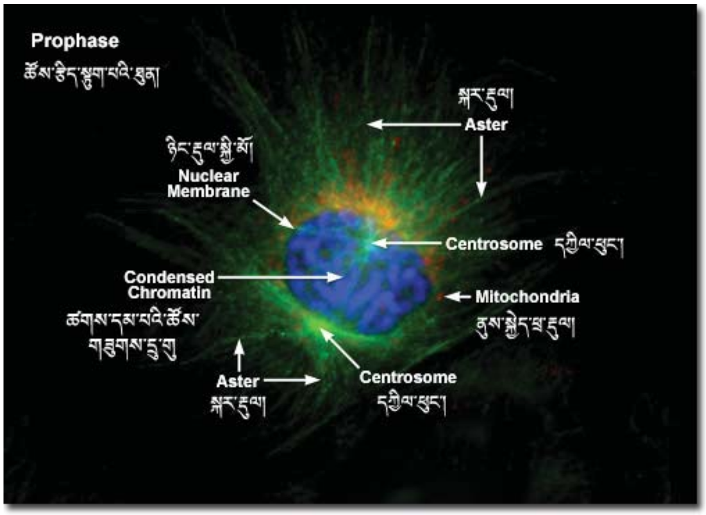
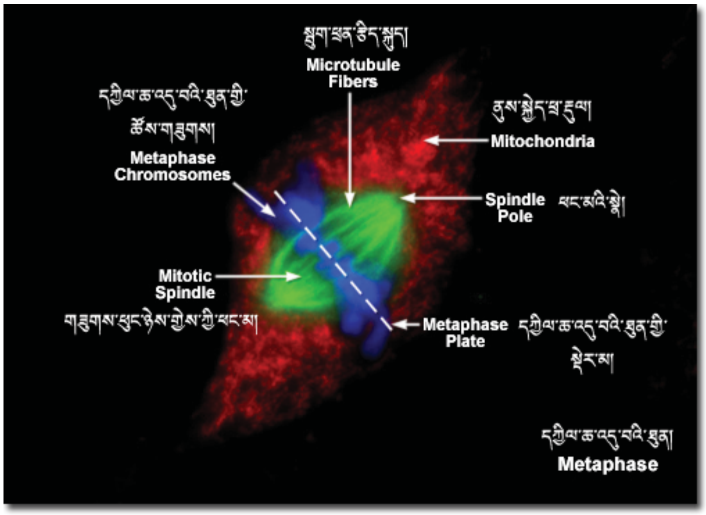


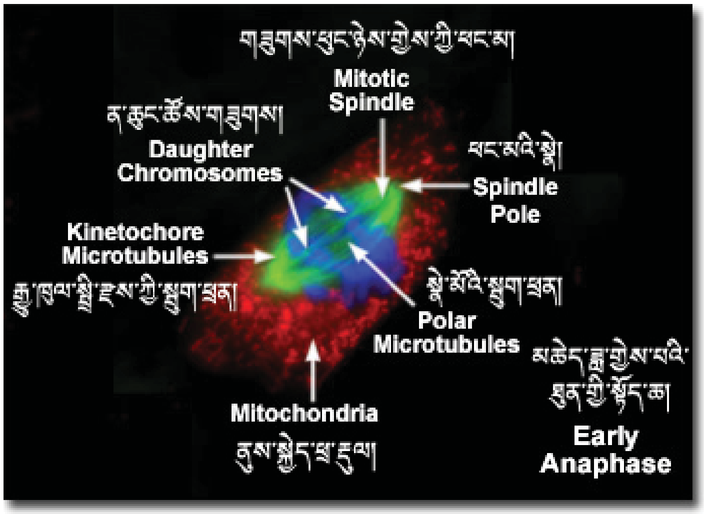
Figure 35A + B. Drawings and photographs of mitosis. The first stage is prophase: the DNA-chromosomes condense and become more distinctly visible, and proteins (called spindles), which will eventually pull the copied chromosomes apart, begin to form. In the next stage, prometaphase, the nuclear membrane breaks down, and the spindle proteins find and connect to the center of each chromosome. In metaphase, the spindle fibers align the chromosomes at the center of the cell. And in anaphase one set of the genetic material is pulled to each side of the cell by the spindle fibers. In telophase, two new nuclear membranes form, one around each set of chromosomes. Finally, in cytokinesis a ring of proteins pinches the cell in half forming two complete daughter cells, each with a copy of the mother cell's DNA (one strand of which is the actual mother cell DNA and one of which is newly synthesized). (B) Mitosis in real cells. Pictures of mitosis taken using fluorescent microscopes from http://www.microscopy.fsu.edu/cells/fluorescencemitosis/metaphasesmall.html .

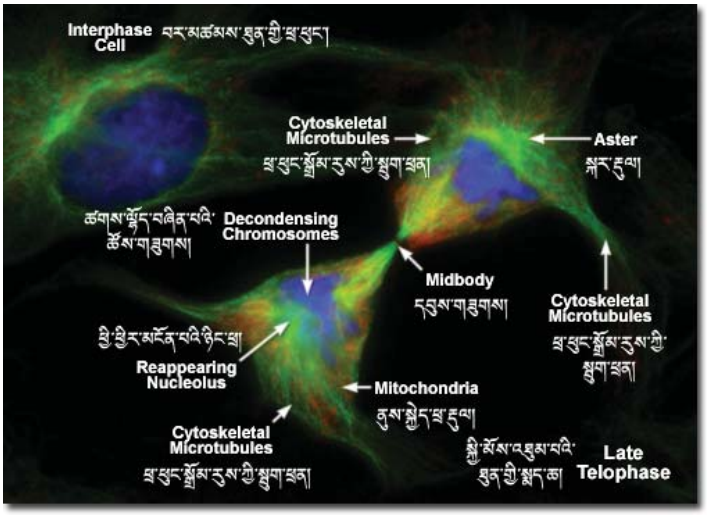


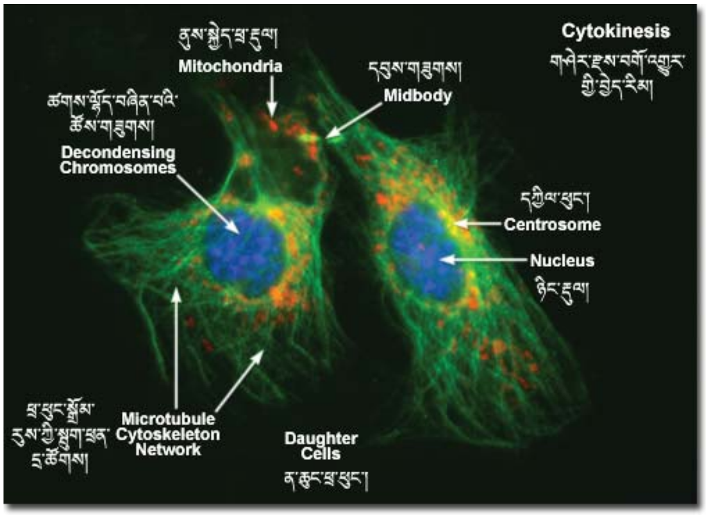


ཊེ་ཨིན་ཨའི་གཅུས་དབྱིབས་ཞེས་རྩེག་གི་བཀོད་པ་དང་འདི་ང་མཚར་ཆ་བའི་ཕྱོགས་ཤིག་ནི། དུས་རང་ཉིད་ཀྱི་ང་བཤུས་ལས་སྣ་ཕོར་བཟོར་འཇུག་པ་དེ་ཡིན་པ་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། དོན་དངོས་ཐོག S སྐབས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་ཊེ་ཨིན་ཨེ་ལ་









དཔེ་རིས། ༧༥ ཀ དང་། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་གྱི་འདྲ་པར་དང་རི་མོ།
རིམ་པ་དང་པོ་ནི་ཆོས་རྩིད་སྔ་བའི་སྐབས་ཡིན་ལ། སྐབས་དེར་ཊེ་ཨིན་ཨེའི་ཆོས་གཟུགས་སྟུག་པོར་འགྱུར་བ་དང་། མངོན་གསལ་ཆེ་བར་འགྱུར་ལ། (ཕང་མ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་)ཐྲི་རྫས་དེ་གང་ཞིག་གིས་དགོད་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་འདྲ་བཤུས་རྣམས་སོ་སོར་དབྱེ་བར་བྱེད་པ་དེ་འགྲུབ་པའི་འགོ་རྩུགས་ཀྱི་ཡོད། དེའི་རྗེས་ཀྱི་རིམ་པ་ནི་སྔ་ཕྱིན་གཏམས་པའི་སྐབས་ཡིན་ལ། གནས་སྐབས་དེར་ཉིང་རྡུལ་སྐྱི་མོ་དེ་ཞིག་རལ་དུ་ཕྱུར་པ་དང་། ཕང་མའི་ཐྲི་རྫས་ཀྱིས་ཆོས་གཟུགས་རེ་རེའི་དཀྱིལ་ཆ་འཚོལ་ཏེ་དེ་དག་དང་སྦྲེལ་གྱི་ཡོད། དཀྱིལ་ཆ་འདུ་བའི་སྐབས་ཀྱི་ཆེ་ཕང་མའི་རྩེད་སྐུད་རྣམས་ཀྱིས་ཆོས་གཟུགས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གི་དཀྱིལ་དུ་རུ་བསྟར་སྒྲིག་པར་བྱེད་ལ། དེ་ནས་མཆེད་ཟླ་གྱེས་པའི་སྐབས་ཀྱི་སྐབས་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྫས་ཆའི་སྡེ་ཚན་གཉིས་པོ་རེ་རེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་གཞོགས་རེ་རེའི་ཕྱོགས་སུ་ཕང་མའི་རྩེད་སྐུད་རྣམས་ཀྱིས་འཐེན་གྱི་ཡོད། སྐྱི་མོས་འཁྱམ་པའི་སྐབས་ཀྱི་གནས་སྐབས་སུ་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་སྡེ་ཚན་རེ་རེའི་མཐའ་འཁོར་དུ་ཉིང་རྡུལ་སྐྱི་མོ་གསར་པ་རེ་རེ་སྟེ་ཁྱོན་བསྡོམས་སྐྱི་མོ་གཉིས་གསར་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། མཐའ་མ། གཞིར་རྫས་བགོ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནང་ཐྲི་རྫས་ཀྱི་སྒྲོར་གཟུགས་ཤིག་གིས་ཕྲ་ཕུང་བཙིར་ཏེ་བྱེད་ཀྱང་བཏང་བས། ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གང་པོ་གཉིས་གྲུབ་པར་བྱེད་ལ། དེ་རེ་རེ་ལ་མ་ཕུང་གི་ཊེ་ཨིན་ཨེའི་འདྲ་བཤུས་རེ་ཡོད། (ཞུག་མ་གཉིས་ལས་གཅིག་ནི་མ་ཕུང་གི་ཊེ་ཨིན་ཨེ་ངོ་མ་དེ་ཡིན་པ་དང་། གཅིག་ནི་གསར་དུ་སྦྱོར་སྒྲུབ་བྱས་པ་དེ་ཡིན།) (ཁ) ཕྲ་ཕུང་ངོ་མའི་ནང་གི་གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ། འོད་འཚེར་ཆེ་ཤེལ་སྒྲུད་དེ་བླངས་པའི་གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་དཔར་རིས། གཞན་གྱི་དྲ་རྒྱའི་ཁ་བྱང་འདི་ནས་བླངས། http://www.microscopy.fsu.edu/cells/fluorescencemitosis/metaphasesmall.html

the DNA of one whole chromosome is doubled, each new DNA helix has one strand of the mother cell's 'old' DNA and one strand of 'new' DNA. During G_2 the cell checks to see if all the DNA has been replicated before going on to mitosis.

If all is well, mitosis begins. Mitosis is divided into six stages (Figure 35). The first stage is **prophase**: the DNA-chromosomes condense and become more distinctly visible, and proteins called **spindles** begin to form, which will eventually pull the copied chromosomes apart. In the next stage, **prometaphase**, the nuclear membrane breaks down, and the spindle proteins find and connect to the center of each chromosome. In **metaphase**, the spindle fibers align the chromosomes at the center of the cell. And in **anaphase** one set of the genetic material is pulled to each side of the cell by the spindle fibers. In **telophase**, two new nuclear membranes form, one around each set of chromosomes. Finally, in **cytokinesis** a ring of proteins pinches the cell in half forming two complete daughter cells, each with a copy of the mother cell's DNA (one strand of which is the actual mother cell DNA and one of which is newly synthesized).

Here we have only told the story of the DNA's doubling. And we have not discussed the many enzymes and other proteins that must work properly to carry out this complicated job of making an accurate copy of all the millions of nucleotides and making sure one copy gets into two new cells. And of course, we have left out any discussion of replication of all the other parts of the cell necessary to make a new cell and how those are regulated. It is amazing to think that this event has happened thousands and thousands of times in your own body *as you've read this paragraph* and that it happens millions of time in your lifetime.

CELLS AGE

How do cells know how old they are? Every time any cell divides, it creates two daughter cells that contain some molecules from their mother cell and some new molecules. At some point, the cell gets old, that is, either (1) it is time to divide before it gets too old or (2) it has accumulated too much damage in its life molecules to risk dividing, so it kills itself. In either case, the cell must be able to monitor its age. One way cells do this is by checking the ends of their chromosomes. Every time a cell divides, its chromosomes get shorter. So, the shorter the chromosome the older the cell. Research suggests that your cells' biological age can be younger (or older) than your chronological age. The more stress you and your cells have, the faster they get old. Practices like extensive exercising, and maybe even meditation that decrease stress, actually keep cells young. Conversely, chronic stress ages cells quickly.

CELLS THAT DON'T DIVIDE

Many cells, especially neurons, never divide once they have reached their mature state. These cells are permanently in gap phase. And once these cells die (usually from too much molecular damage, but sometimes from injury or stroke), they are not replaced. This doesn't mean that one can't recover neural function after neural cell death, but when your brain does recover function, it does so primarily by rearranging pre-existing cells and their parts, rather than making new cells, although this does happen. Since neurons are the cells that allow us to respond, think, and interact with the world, it is a scary thought in itself that they can't divide and that once they're dead, they are rarely replaced. Many neurological diseases come as a result of neuron cell death: Parkinson's disease, Alzheimer's disease and dozens of others. Much of what we think of as 'old age' may simply be due to cells dying—in our brains and the rest of our bodies—and not being replaced or being replaced with poorly functioning cells.

ངོ་བཤུས་བཟོ་དགོས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་འཕྲོར་སྐབས་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་ཊི་ཨེན་ཨེའི་གཙུས་གཟུགས་བཀྲོལ་ལ། དེ་ནས་ཊི་ཨེན་ཨེ་མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས་(ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆ་མང་བསགས་རྟུལ་བཟོ་བའི་སྨིན་རྫས་ཤིག་)ཀྱིས་ཞག་མ་གཉིས་ཀའི་ངོ་བཤུས་བཟོ་བ་རེད། ཆོས་གཟུགས་ཆ་ཚང་གཅིག་གི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ལྷབ་གཉིས་སུ་སྤེལ་བའི་རྗེས་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་གཙུས་གཟུགས་རེ་རེ་ལ་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་གི་ཊི་ཨེན་ཨེ་རྙིང་པ་དང་བཅས་པའི་ཞག་མ་གཅིག་དང་། ཊི་ཨེན་ཨེ་གསར་པ་དང་ལྡན་པའི་ཞག་མ་གཅིག་བཅས་ལྡན་ཡོད། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་ནང་མ་ཞུགས་གོང་དུ་ཕྲ་ཕུང་གིས་ G_2 ཡི་གནས་སྐབས་སུ་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་རང་རང་གི་འདྲ་བཤུས་བཟོས་ཡོད་མིན་རྟོག་ཞིབ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

གལ་ཏེ་ཆ་རྐྱེན་ཀུན་ཚང་བར་གྲུབ་ཡོད་ཚེ། སྐབས་དེར་གཞི་ནས་གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་དེ་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད། གཟུགས་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་དེར་ནང་གསེས་རིམ་པ་དྲུག་ཡོད་པ་ལས། (དཔེ་རིས། ༣༥) རིམ་པ་དང་པོ་ནི་ཆོས་རྩེ་སྡུག་པའི་ཐུན་ཡིན་ལ། དེའི་སྐབས་སུ་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཆོས་གཟུགས་སྡུག་ཏུ་འགྲོ་བ་དང་མངོན་གསལ་དོད་པར་འགྱུར་བ་ཡིན། ཐུན་འདིར་ཕང་མ་ཞེས་སུ་འབོད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རྣམ་པ་ཆགས་པའི་འགོ་ཚུགས་ཤིང་། འདྲ་བཤུས་གྲུབ་ནས་ཡོད་པའི་ཆོས་གཟུགས་རྣམས་མཐར་སྤྲི་རྫས་འདིས་སོ་སོར་འབྲལ་བར་བྱེད། འདིའི་རྗེས་ཀྱི་རིམ་པ་ནི་སྤྲུག་ཕྲན་གཏམས་པའི་ཐུན་ཡིན་ཞིང་། ཐུན་དེའི་སྐབས་ཉིང་རྟུལ་སྐྱི་མོ་དེ་ཞིག་ཅིང་རལ་བར་འགྱུར་བ་དང་སྤྲི་རྫས་ཕང་མས་ཆོས་གཟུགས་རེ་རེའི་ལྟེ་ཆ་འཚོལ་ཞིང་དེར་སྦྲེལ་མཐུད་བྱེད་པ་ཡིན། དཀྱིལ་ཆ་འདུ་བའི་ཐུན་གྱི་སྐབས་ཕང་མའི་རྩིད་སྐུད་དག་གིས་ཆོས་གཟུགས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་གི་ལྟེ་དཀྱིལ་དུ་བསྒྲིག་པར་བྱེད་ལ། དེ་ནས་མཆེད་བླ་གྱེས་པའི་ཐུན་གྱི་སྐབས་ཕང་མའི་རྩིད་སྐུད་དག་གིས་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྒྱུ་ཆའི་ཚན་པ་རེ་རེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་གཤོགས་རེ་རེར་འཐེན་གྱི་ཡོད། དེ་ནས་སྐྱི་མོས་འཐུམས་པའི་ཐུན་གྱི་སྐབས་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་ཚན་པ་གཉིས་པོ་རེ་རེའི་མཐའ་འཁོར་དུ་ཉིང་རྟུལ་སྐྱི་མོ་གསར་པ་རེ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། མཐར་གཤེར་རྫས་བགོ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་སྐབས་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་སྙོར་གཟུགས་ཤིག་གིས་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཉིད་བཅིར་ཏེ་ཕྱེད་གཉིས་སུ་བཏང་བ་ལས་ནུ་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་ཆ་ཚང་བ་གཉིས་འགྲུབ་པར་བྱེད་ལ། ནུ་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེ་ལ་རང་གི་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཡི་འདྲ་བཤུས་རེ་ཡོད།(དེ་ལས་ཞག་མ་གཅིག་ནི་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་གི་ཊི་ཨེན་ཨེ་ངོ་མ་ཡིན་ལ། གཅིག་ནི་གསར་དུ་སྦྱོར་སྒྲུབ་བྱས་པ་ཞིག་ཡིན།)

འདིར་ང་ཚོས་ཊི་ཨེན་ཨེ་ཉིས་ལྡབ་ཏུ་འགྱུར་ཚུལ་གྱི་སྐོར་ཙམ་ཞིག་བཤད་ལ། འོན་ཀྱང་ད་དུང་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་ས་ཡ་མང་པོ་ཡོད་པ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ངོ་བཤུས་འཁྲུལ་མེད་རེ་འགྲུབ་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་གཉིས་པོར་དེ་དག་གི་ངོ་བཤུས་རེ་རེ་འཕོབ་པར་བྱེད་པའི་ལས་དོན་རྙོག་འཛིང་ཅན་དེ་བསྒྲུབ་པར་ངེས་པར་འཕྲུལ་སྒོ་ཚང་བར་བྱེད་ལས་བརྩམ་དགོས་པའི་སྨིན་རྫས་མང་པོ་དང་སྤྲི་རྫས་གཞན་དེ་དག་གི་སྐོར་ང་ཚོས་གླེང་མེད། དེར་མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་ཞིག་འགྲུབ་པར་ངེས་པར་མཁོ་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་གཞན་རྣམས་ཀྱི་བསྐྱར་བཤུའི་བྱེད་རིམ་དང་། དེ་རྣམས་ཇི་ལྟར་ཚུལ་སྒྲིག་བྱེད་ཚུལ་རྣམས་འདིར་བཀོད་མེད་ལ། ཁྱོད་ཀྱིས་ད་ལྟ་དུམ་ཚན་འདི་བཀླགས་པའི་དུས་ཡུན་དེའི་རིང་ཁྱོད་ཀྱི་ལུས་པོའི་ནང་གོང་གསལ་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་འདྲ་ཚར་སྟོང་ཕྲག་ནས་སྟོང་ཕྲག་བར་གྲུབ་ཟིན་པའི་སྐོར་དང་། ཁྱོད་ཀྱི་མི་ཚེའི་ནང་འདི་འདྲ་ཚར་ས་ཡ་མང་པོ་འབྱུང་བའི་ཚུལ་ལ་བསམ་གཞིག་བྱས་སྐབས་ཏན་ཏན་ངོ་མཚར་སྐྱེ་འོས་པ་ཞིག་ཡིན།

ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རྒུད་ཀྱི་ཡོད།

ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རང་ཉིད་ན་ཚོད་ཇི་ཙམ་སོན་པ་ཇི་ལྟར་ཤེས་སམ། ནམ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་པའི་ཚེ་དེ་ལས་ནུ་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་སྐྱེ་བ་ཡིན་ལ། དེ་གཉིས་པོ་རེ་རེར་རང་གི་མ་ཕུང་ལས་ཐོབ་པའི་འདུས་རྟུལ་འགའ་ཞིག་དང་། གསར་དུ་གྲུབ་པའི་འདུས་རྟུལ་འགའ་ཞིག་གིས་ཁེངས་ནས་ཡོད་པ་ཡིན། དུས་ཀྱི་མཚམས་ཤིག་ན་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་རྒས་པར་གྱུར་ལ། དེའི་གོ་དོན་ནི། ༡ དེ་ཉིད་ཏ་ཅང་མ་འཕོགས་པའི་སྡོན་ཙམ་དུ་ཕྱེད་གཉིས་སུ་ཁ་འགྱེ་བའི་དུས་ལ་བབས་པའམ། ༢ ཡང་ན། དེའི་ལུས་ནང་གི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྟུལ་དག་ལ་ཉམ་ཉེས་ཏ་ཅང་མང་པོ་ཐོག་ཟིན་པས་བགོ་འགྱུར་བྱེད་པར་འགན་མ་བཟོད་པས་རང་སྲོག་ལྷེབས་པའི་དུས་ལ་བབས་པ་ལ་ཟེར་བ་ཡིན། བྱེད་རིམ་འདི་གཉིས་པོ་གང་དུ་བཞུད་རུང་ཕྲ་ཕུང་གིས་ངེས་པར་དུ་རང་གི་ན་ཚོད་ལ་བྱ་ར་བྱེད་ཐུབ་པ་དགོས། འདི་ལྟར་བྱེད་པའི་ཚུལ་གཅིག་ནི་ཕྲ་ཕུང་གིས་རང་ནང་གི་ཆོས་གཟུགས་དག་གི་མཇུག་སྣེ་ལ་ལྟ་རྟོག་བྱ་རྒྱུ་དེ་རེད། ནམ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་པ་ན་དེའི་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་ནར་ལུས་ཐུང་དུ་འགྲོ་བ་ཡིན། དེར་བརྟེན་ཆོས་གཟུགས་ཀྱི་ནར་ལུས་ཇི་ཙམ་ཐུང་བ་ཡོད་ན་དེ་ཙམ་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྒན་པ་ཡིན་པ་རེད། ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱེ་འཕེལ་གྱི་ལོ་ཚད་དེ་ཁྱོད་ཀྱི་ན་ཚོད་ལས་ཆུང་བ་(འམ་ཡང་ན་ཆེ་བ་)ཡིན་ཚོག་པ་ཞིབ་འཇུག་གིས་བསྟན་ཡོད། ཁྱོད་དང་ཁྱོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཇི་ཙམ་སེམས་ངལ་གྱིས་གཙེ་ཆེ་བ་དེ་ཙམ་གྱིས་དེ་རྣམས་མྱུར་བར་རྒུད་ཀྱི་ཡོད། གཞི་རྒྱ་ཆེ་བའི་ལུས་སྦྱོང་ལྟ་བུའི་ལག་ལེན་དང་། དེ་བཞིན་དུ་ཕལ་ཆེར་སེམས་ངལ་འཇིལ་བའི་སྒོམ་གྱི་ཉམས་ལེན་ལྟ་བུས་ཀྱང་དོན་དངོས་སུ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རྒུད་མ་བཙུག་པར་ཉར་ཚགས་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་ཡུན་བསྲིངས་པའི་སེམས་ངལ་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་མྱུར་དུ་ཀ་ཙ་འཇུག་གི་ཡོད།

བགོ་འགྱུར་མི་ཐེབས་པའི་ཕྲ་ཕུང་།

ཕྲ་ཕུང་མང་པོ་ཞིག་དང་། དམིགས་བཀར་དུ་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རང་གི་དར་མའི་གནས་བབ་ཐལ་རྗེས་ནམ་ཡང་སླར་ཞིང་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱི་མེད། ཕྲ་ཕུང་འདིའི་རིགས་རྣམས་ནི་རྟག་ཏུ་བར་མཚམས་ཀྱི་ཐུན་ནང་གནས་ལ། འདི་རྣམས་ལན་གཅིག་ཤི་བའི་རྗེས་སུ་(རྒྱུན་དུ་འདུས་རྟུལ་རིམ་པར་ཉམས་དམས་ཚད་ལས་བརྒལ་བ་བྱུང་བས་སམ། ཡང་ན་སྐབས་རེ་རྒྱས་སྐྱོན་ནམ། རྩ་འགགས་ནད་གཞིའི་དབང་གིས་ཤི་བ་ཡིན་ཚོག་)འདི་རྣམས་ལ་བརྗེ་ཚབ་ཐོབ་ཀྱི་མེད། འདི་ནི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ཤི་བའི་རྗེས་སུ་དབང་རྩའི་བྱེད་ལས་རྣམས་སོར་ཆུད་མི་ཐུབ་པའི་དོན་མིན་པར། ཀླད་པའི་བྱེད་ལས་གང་སོར་ཆུད་པ་དེ་གཙོ་ཆེར་སྔར་ནས་ཡོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དང་དེ་དག་གི་ཆ་ཤས་རྣམས་བསྐྱར་སྒྲིག་བྱས་པ་ལས་བྱུང་བ་ཡིན་གྱི། ཕྲ་ཕུང་གསར་བཟོ་བྱས་པ་ལས་མིན་ཞེས་པའི་དོན་ཡིན། དེ་ལྟར་ནའང་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་གསར་བཟོ་བྱས་པ་སྤྱིར་ན་འབྱུང་རུང་བ་ཙམ་ཡིན། དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ནི་ང་ཚོས་ཡ་ལན་སྤྲོད་པ་དང་། མནོ་བསམ་གཏོང་བ། འཛིག་རྟེན་དང་ལྷན་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ཡིན་པས། དེ་རྣམས་བགོ་འགྱུར་མི་ཐེབས་པ་དང་། དེ་དག་ཤི་བའི་རྗེས་སུ་བརྗེ་ཚབ་མི་འཐོབ་པའི་ཚུལ་ལ་བསམ་གཞིག་བྱེད་ཅ་ན་ངེས་པར་སེམས་འཚབ་སྐྱེ་གཞི་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་ངེས་པ་ཡིན། དེ་ཡང་པར་ཀིན་སོན་ནད་གཞི་དང་། ཨལ་ཛ་ཡི་མར་ནད་གཞི། དེ་མིན་གྱི་ནད་གཞི་གཞན་བཅུ་ཕྲག་ཁ་ཤས་ལྟ་བུ་དབང་རྩ་དང་འབྲེལ་བའི་ནད་གཞི་མང་པོ་ཞིག་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ཤི་བའི་རྐྱེན་གྱིས་སྐྱེས་པ་ཞེ་ཅིག་ཡིན། ང་ཚོས་ལོ་ན་རྒས་པའི་ངང་ཚུལ་དུ་བརྩིས་པ་མང་པོ་ཞིག་ང་ཚོའི་ཀླད་པ་དང་ལུས་ཀྱི་ཆ་གཞན་རྣམས་སུ་ཕྲ་ཕུང་ཤི་བ་དང་། དེ་རྣམས་ཁ་གསབ་མ་བྱས་པར་ལུས་པའམ། ཡང་ན་བྱེད་ནུས་ཞན་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཁ་གསབ་བྱས་པའི་གནས་ལུགས་ཙམ་ལ་ཐུག་ཡོད་སྲིད།

WHAT WE'VE DONE

We have come a long way in this book. After reviewing evolution, we learned the complexity involved in the seemingly simple behavior of reaching for a hot cup of chai, realizing it's too hot, and pulling our hand away. We explored the basic chemistry and underlying biology of the genes and cells on which behavior rests and on which evolution acts. We now know the parts of a cell and how information is passed from one cellular generation to the next. We learned that all these processes rely on the chemistry of life-molecules. We moved back and forth between the genes, cells, and molecules, and the behavior of the whole organisms, like us, that are composed of these genes and cells and molecules. Underlying all these ideas, we saw illustrated again and again the central themes we started this book with and developed in Life Sciences Primer 1: (1) the different environments cells experience greatly affect them and vice versa; (2) evolution integrates simple rules to develop complexity by interweaving similarity and diversity; and (3) structure reflects function and vice versa.

We are now ready to fill in the large conceptual and biological gap between these genes, cells, and molecules and the whole organisms they make up. How do cells interact to form multicellular organisms like us in the first place? We've discussed in this book and in the Neurosciences Primers how organisms sense, but how do cells sense each other and form communities? How did cooperation and altruism evolve and why? How do cells develop into tissues and organs? And how do those tissues and organs interact with each other to make an organism? These are the big questions we will explore in Life Sciences Primer 3: Development and Physiology.

CELL DEATH ISN'T ALWAYS BAD

Cells have evolved a carefully regulated process of killing themselves. This is generally a good thing. When do you think it would be 'good' for a cell to die? Here are at least two situations: (1) When a cell is old and its DNA or other molecules are badly damaged and (2) During development, when organisms have more cells than are needed. We discuss the first situation above. How about the second? One famous case of 'good cell death' occurs in humans when their toes and fingers develop. Initially, early in development, we have webs of skin between our fingers and toes. The cells in the webs eventually kill themselves, and we wind up with separate, unconnected digits. Scientists have also shown that in many cases excess neurons are made early on in the developing brain, and, depending on the environment, only some of these neurons make connections. The ones that don't, kill themselves. One theory (of many) to explain autism—a disease in which humans are unable to interact effectively with their environments—is that the excess neurons made during development in autistic individuals do not kill themselves and too many connections are made in the brain.

ད་བར་ང་ཚོས་གང་ཞིག་བསླབས་སམ།

དེབ་འདིའི་ནང་ང་ཚོས་མཚམས་འདི་བར་ལམ་ཐག་རིང་པོ་ཞིག་བགྲོད་ཡོད། འཕེལ་འགྱུར་གྱི་སྐོར་བསྐྱར་ཞིབ་ཅིག་བྱས་ཏེ། ཛ་ཚ་པོའི་ཕོར་པར་བསྙེག་པ་དང་། དེ་ཧ་ཅང་ཚ་པོ་ཡིན་པར་ཤེས་པ། དེ་ལས་ལག་པ་ཕྱིར་འཐེན་པའི་བྱ་གཞག་གང་ཞིག་སྣང་ཚུལ་ཙམ་དུ་སླ་བསྡུས་ཡིན་པ་དེར་རྟོག་འཛིངས་ཀྱི་རང་བཞིན་ཇི་ཙམ་འདུས་པ་ང་ཚོས་ཤེས་ཡོད། བྱ་སྤྱོད་རྣམས་གང་ལ་བསྙེ་ས་དང་། འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དག་གང་ལ་འཇུག་སའི་ཕྲ་ཕུང་དང་རིགས་རྫས་ཀྱི་གཞི་རྩའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་གྲུབ་ཆ་དང་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་གྲུབ་ལུགས་དག་ལ་ང་ཚོས་ཞིབ་འཚོལ་བྱས་ཡོད། ད་ལྟ་ང་ཚོས་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ཆ་ཤས་རྣམས་དང་། ཕྲ་ཕུང་གི་རབས་གཅིག་ནས་རབས་ཕྱི་མར་ཆ་འཕྲིན་ཇི་ལྟར་འཕོ་སྐྱུས་བྱེད་ཚུལ་རྣམས་ཤེས་ཀྱི་ཡོད། བྱེད་རིམ་འདི་ཐམས་ཅད་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་གྱི་རྫས་སྦྱོར་ལ་བརྟེན་ཚུལ་སྐོར་ང་ཚོས་སློབ་སྦྱོང་བྱས་ཡོད། ང་ཚོས་རིགས་རྫས་དང་། ཕྲ་ཕུང་དང་། འདུས་རྡུལ་དང་། ངེད་ཚོ་ལྟ་བུ་དེ་དག་ལས་གྲུབ་པའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཧྲིལ་པོ་རྣམས་ཀྱི་གཤིས་སྤྱོད་ལས་ཚུལ་བཅས་ཀྱི་སྐོར་ལན་མང་སྤྱང་བཤད་བྱས་ཡོད། གོང་གསལ་གྱི་རིག་པ་དེ་ཀུན་གྱི་རྨང་གཞིར་གྱུར་ཅིང་། སློབ་དེབ་འདི་གང་ནས་འབྱུས་པའི་འགོ་ཁུངས་དང་། ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འཁྲིད་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་བསྐྱར་ནས་ཡང་དུ་བསྒྲུབ་བྱའི་བརྗོད་བྱའི་སྙིང་པོར་བཟུང་བ་ནི་གཤམ་གསལ་གྱི་དོན་སྙིང་དག་སྟེ། (༡) ཕྲ་ཕུང་གིས་གང་ཞིག་ཚོར་ཞིང་སྦྱོང་བའི་ཁོར་ཡུག་མི་འདྲ་བ་དེ་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་ལ་ཚུར་བྱེད་ནུས་ཤུགས་ཆེ་འདོན་ཞིང་། དེ་དག་གིས་ཕར་ཡང་དེ་ལྟར་འདོན་པ། (༢) འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་འོག་འདྲ་ས་དང་མི་འདྲ་སའི་རྣམ་གྲངས་སྣ་ཚོགས་པ་རྣམས་ཕན་ཚུན་ལྷས་མ་བསླས་པ་ལྟ་བུའི་སྒོ་ནས་ངེས་ལུགས་སྟབས་བདེ་མང་པོ་ཚུལ་སྒྲིག་བྱས་ཏེ་རྟོག་འཛིང་ཅན་གྱི་རྣམ་པ་སྤེལ་བ། (༣) བགོད་དབྱིབས་ཀྱིས་བྱེད་ལས་མཚོན་པར་བྱེད་ལ། བྱེད་ལས་ཀྱིས་ཀྱང་ཕར་དེ་ལྟར་མཚོན་པ་བཅས་སོ།།

ད་ནི་རིགས་རྫས་དང་། ཕྲ་ཕུང་དང་། འདུས་རྡུལ་དང་། དེ་དག་ཚོགས་པ་ལས་གྲུབ་པའི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཧྲིལ་པོ་བཅས་པ་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་རྣམ་གཞག་འགྲེལ་བརྗོད་བྱེད་སྐབས་ཀྱི་སྟོང་ཆ་དང་། དེ་དག་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་དངོས་འབྲེལ་ལས་གཞི་ཇི་ལྟར་རྩོམ་ཚུལ་གྱི་སྟོང་ཆ་ཆེན་པོ་དེ་དག་འགོང་པར་ང་ཚོ་གྲ་སྒྲིག་ཡོད། ང་ཚོ་ལྟ་བུའི་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་གྲུབ་པར་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་ཇི་ལྟར་བྱས་སམ། སློབ་དེབ་འདི་དང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འཁྲིད་སློབ་དེབ་དག་ཏུ་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་སོ་སོས་ཚོར་སྦྱོང་གི་བྱེད་ལས་ཇི་ལྟར་བསྒྲུབ་པའི་སྐོར་ང་ཚོས་གླེང་ཡོད། དེ་ལྟ་ནའང་། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕན་ཚུན་ཇི་ལྟར་ཚོར་རམ། དེ་དག་ཇི་ལྟར་འདུས་སྡེའི་ངོ་བོར་གྲུབ་བམ། མཉམ་ལས་དང་གཞན་ཕན་གྱི་རང་གཤིས་འདི་དག་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དང་རྒྱུ་མཚན་ཅིའི་ཕྱིར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ངམ། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཇི་ལྟར་ཕུང་གྲུབ་དང་དབང་པོའི་ངོ་བོར་འཕེལ་རྒྱས་བྱུང་ངམ། ཕུང་གྲུབ་དང་དབང་པོ་རྣམས་ཇི་ལྟར་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་སྐྲུན་པར་བྱེད་དམ། འདི་དག་ནི་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འཁྲིད་སློབ་དེབ་གསུམ་པ་"སྐྱེ་འཕེལ་དང་ལུས་ཁམས་རིག་པ་"ཡི་ནང་ཞིབ་འཚོལ་བྱ་རྒྱུའི་དྲི་བ་ཆེན་པོ་རྣམས་རེད།། །།

ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བ་ནི་གཅིག་ཏུ་བཀྲ་མི་ཤིས་པ་ཞིག་མིན།

ཕྲ་ཕུང་གི་སྙིང་དུ་ཞིབ་ཚགས་སྒོས་ཚུལ་སྒྲིག་བྱས་ནས་ཡོད་པའི་རང་སྲོག་ལྷེབས་པའི་བྱེད་རིམ་ཞིག་རང་བྱུང་དུ་གྲུབ་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་ནས་བཤད་ན་འདི་ནི་བཟང་རྟགས་ཤིག་ཡིན། ཁྱོད་ཀྱིས་བལྟས་ན་དུས་ཚིགས་ཇི་འདྲ་ཞིག་ཏུ་བྱུང་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བ་དེ་བཟང་པོ་ཡིན་པར་སེམས་སམ། འདིར་མ་མཐར་ཡང་གནས་སྟངས་གཉིས་ཡོད་པ་དག་ནི། ༡ ཕྲ་ཕུང་ཞིག་རྒས་ཤིང་འཕོགས་པར་གྱུར་ཏེ། དེའི་ཊི་ཨེན་ཨེའམ། ཡང་ན་འདུས་རྡུལ་གཞན་དག་གི་ཆ་ལ་ཉམ་དམས་ཤུགས་ཆེན་ཕོག་པའི་སྐབས་དང་། ༢ སྐྱེ་འཕེལ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་སྐྱེ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་དག་ལ་རང་གི་དགོས་མཁོའི་ཚད་ལས་བརྒལ་བའི་ཕྲ་ཕུང་ལྡན་པའི་སྐབས་བཅས་ཡིན། ང་ཚོས་གནས་སྟངས་དང་པོ་དེ་གོང་དུ་གླེང་ཟིན། གནས་སྟངས་གཉིས་པ་དེ་གང་འདྲ་ཞིག་ལ་ཟེར་རམ་ཞེ་ན། འདིའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བ་བཟང་པོའི་གནས་སྐབས་གྲགས་ཆེ་བ་ཞིག་ནི། མིའི་ལག་འཛུབ་དང་རྐང་འཛུབ་འཚར་ལོངས་བྱེད་པའི་སྐབས་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད། དེ་ཡང་སྐྱེ་འཕེལ་གྱི་དུས་རིམ་སྔ་བའི་སྐབས་ཐོག་མར་ང་ཚོའི་ལག་འཛུབ་དང་རྐང་འཛུབ་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་ནས་ཡོད་པས་དེ་དག་སོ་སོའི་བར་དེར་ཤའི་དྲ་བ་སྐྱེས་ཡོད་ཅིང་། རིམ་གྱིས་དྲ་བའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྣམས་རང་གིས་རང་བསད་པས་མཐར་འཛུབ་མོ་དེ་རྣམས་མ་སྦྲེལ་བར་སོ་སོར་ཁེར་རྐྱང་དུ་གྲུབ་པ་རེད། དེ་བཞིན་དུ་གནས་སྟངས་མང་པོའི་ནང་གླད་པ་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་པའི་དུས་རིམ་སྔ་བའི་སྐབས་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ཚད་ལས་བརྒལ་བ་སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་ཀྱང་། ཁོར་ཡུག་གི་གནས་སྟངས་ཀྱི་དབང་གིས་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་འགའ་རེ་ཙམ་མ་གཏོགས་གཞན་ཕལ་ཆེ་བས་སླར་མཚམས་སྦྱོར་མི་བྱེད་ཚུལ་ཚན་རིག་པས་བསྟན་ཡོད། མཚམས་སྦྱོར་མ་ཐུབ་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རང་གིས་རང་གསོད་པར་བྱེད་ཀྱིན་ཡོད། དེས་ན་ཨོ་ཏི་ཟེམ་གྱི་ནད་གཞི་སྟེ། གང་ཞིག་གིས་ཟིན་པ་ན་སྐྱེ་བོ་རྣམས་རང་རང་གི་ཁོར་ཡུག་དང་ལྷན་དུ་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་འཐུས་ཚང་བྱེད་པའི་ནུས་པ་ལོག་པར་གྱུར་པའི་ནད་གཞི་དེ་ཇི་ལྟར་སྐྱེས་པའི་ཕྱོགས་སུ་འགྲེལ་བརྗོད་བྱེད་པའི་རྣམ་གཞག་(མང་པོའི་ཁོངས་ནས་)གཅིག་གི་ལྟར་ན། ཨོ་ཏི་ཟེམ་ནད་ཀྱིས་ཟིན་པའི་སྐྱེ་བོ་དེའི་ལུས་ནང་སྤར་འཚར་སྐྱེའི་བྱེད་རིམ་སྐབས་སྐྱེས་པའི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་འཕར་མ་རྣམས་མཐར་རང་གིས་རང་གསོད་མ་ཐུབ་པའི་དབང་གིས་གླད་པའི་ནང་ཁུལ་དུ་མཚམས་སྦྱོར་གྱི་མཐུད་ཁ་ཆེས་མང་པོ་གྲུབ་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་ཡིན་ཚུལ་བརྗོད་ཀྱིན་ཡོད།། །།

དབྱིན་བོད་ཤན་སྦྱར་གྱི་ཐ་སྙད་མཛོད།

Abrupt climate change	གློ་བུར་གནམ་གཤིས་འགྱུར་ལྡོག
Action potential	ལས་འཇུག་ནུས་པ།
Active site	སྐྱེན་ས།
Adenosine triphosphate	ཨེ་ཊི་ནོ་སིན། ཏེ་ར་ཡི་ཕོ་སི་ཕེ།
(ATP)	(ཨེ་ཏི་པི།)
Adhesion	གཞན་འདོམ།
Adrenal gland	མཁལ་རྨེན།
Anaphase	མཆེད་ཟླ་གྱེས་པའི་ཐུན།
Animation	འགུལ་བརྙན།
Apoptosis	རང་ཞིག་རིམ་པ།
Aster	སྐར་རྡུལ།
Base-pair	གཞི་ཟུང་།
Basic chemistry of life	ཚེ་སྲོག་གི་རྨང་གཞིའི་རྫས་འགྱུར་གྲུབ་ཆ།
Bind in linear fashion	ཐད་དྲང་དུ་འཆིང་སྦྲེར་བྱེད་པ།
Bond	འཆིང་སྦྲེར།
carbohydrate	ཁར་སྦོ་མངར་བཅུད།
carbon monoxide	ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་རྒྱུང་ལྡན།
catalyst	སྐུལ་རྫས།
centriole	དཀྱིལ་སྦུག
Centromere region	དཀྱིལ་ཁུལ།
Centrosome	དཀྱིལ་ཕུང་།
Chromatid	ཚོས་རྩེད།
Chromatin	ཚོས་གཟུགས་དྲ་གུ
Code	གསང་བརྡ།
Codon	རིགས་རྫས་རྒྱུང་བརྡ།
Cohesion	རང་འདོམ།
Covalent bond	མཉམ་སྤྱོད་འཆིང་སྦྲེར།
Cyclone	རླུང་འཚུབ་འཁོར་ལོ།
Cytokinesis	གཤེར་རྫས་ཆ་བགོས།
Cytoplasmic microtubule network	གཤེར་རྫས་སྦུག་ཕྲན་གྱི་དྲ་ཚོགས།
Daughter cell	ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་།
Double bond	ཉིས་རྩེག་འཆིང་བ།
Emission	སློད་འདོན། ནག་རླངས་སློད་འདོན།
Endoplasmic reticula	གཤེར་ནང་དྲ་ཚོགས།
Environment related refugees	ཁོར་ཡུག་སྐྱབས་བཅོལ་བ།
Epigenetic changes	རིགས་རྫས་ལས་འདས་པའི་འགྱུར་བ།
fatty acid	ཚིལ་ལྡན་སྐྱུར།
Fossil fuel use	ཞིག་འགྱུར་འབུད་རྫས་ཀྱི་བཀོལ་སྤྱོད།
Functional group	ལས་སྡེ་རུ་ཚོགས།
Global climate	གོ་ལའི་གནམ་གཤིས།
Glucose	རྒྱུན་འབྲུམ་མངར་བཅུད།
Golgi apparatus	སྒོལ་གཟུགས།
Greenhouse effect	ལྗང་ཁང་ནུས་འབྲས།
Hair cell	སྤྲ་སྤུའི་ཕྲ་ཕུང་།
Hearing	སྒྲ་ཚོར། ཐོས་ཚོར།
Hydrogen	ཡང་རླུང་།
hydrophobic	ཆུ་བཟློག་རང་བཞིན།
Ice water	ཆུ་འཁྱགས།
Immune cell	གཉན་འཛོམས་ཕྲ་ཕུང་།
Incesole acetate	སྤོས་རྩབས།
Interphase	བར་མཚམས། བར་ཐུན།
Ionic bond	གྱེས་གྱུར་འཆིང་བ། གྱེས་རྡུལ་འཆིང་བ།
Keratin protein	ཀེར་ཏིན་སྤྲི་རྫས།
keratinocyte	ཀེར་ཏིན་ཕྲ་ཕུང་།
Kinetochore	རྒྱུ་ཁུལ་གྱི་སྤྲི་རྫས།
Lactose	འོ་མའི་མངར་རྫས།
Land use change	ས་གཞི་བཀོལ་སྤྱོད་ཀྱི་འགྱུར་བ།
Life molecules	ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ།
Linear fashion	ནར་མོའི་རྣམ་པ།
Lipid	ལི་ཚིལ།
Liquid water	གཤེར་ཆུ།
Loss of biodiversity	སྐྱེ་མང་རང་བཞིན་ཉམས་པ།
Lysosome	འབྱེད་གཟུགས།
Major threats	ཉེན་ཁ་གཙོ་ཁག
Malnutrition	བཅུད་ཆད།
Metaphase	དཀྱིལ་ཆ་འདུ་བའི་ཐུན།

Microtubule fiber	སྦྲུག་ཕྲན་རྩིད་སྐུད།
Midbody	དབུས་གཟུགས།
Monomer	རྐྱང་གཟུགས།
Mother cell	མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་།
mRNA	བང་ཆེན་དུ་གྱུར་པའི་ཨར་ཨེན་ཨེ།
Nerve cell	དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་།
Neutron	བར་རྡུལ།
Non-polar	སྣེ་གཤིས་མི་ལྡན་པ།
Nucleic acid	ཉིང་སྐྱུར།
Nucleolus	ཉིང་ཕྲ།
Nucleotide	ཉིང་རྡུལ་གྲུབ་ཆ།
Nucleus	ཉིང་རྡུལ།
Ocean circulation upheaval	རྒྱ་མཚོའི་འཁོར་རྒྱུག་གི་འཕྱུར་ལངས།
Ocean salinity changes	རྒྱ་མཚོའི་ཚྭ་ཚད་ཀྱི་འགྱུར་བ།
Organelles	དབང་གཟུགས་ཐིག་ཕུང་། དབང་ཕྲ།
Outer membrane	ཕྱིའི་སྐྱི་པགས། ཕྱིའི་སྐྱི་མོ།
Periodic table	འཁོར་རྒྱུན་རེའུ་མིག
Phosphate group	མུ་སིའི་སྡེ་ཚོགས།
phospholipid	ཕོ་སི་ཕོ་ལི་ཞག
phosphorous	འོད་ཀྱི་མ་མ།
Plasma membrane	ཆུ་སེར་སྐྱི་མོ།
Polar	སྣེ་གཤིས་ལྡན་པ།
Polar ice caps melting	གླིང་སྣེའི་འཁྱགས་རོམ་བཞུ་བ།
Polymer	ཆ་མང་བསགས་རྡུལ།
Polymerase	མང་སྦྱོར་སྨིན་རྫས།
Prometaphase	སྦྲུག་ཕྲན་གཏམས་པའི་དུས།
Promoter region	གོང་སྤེལ་ས་ཁུལ།
Prophase	ཚོས་རྩིད་སྡུག་པའི་དུས།
protein	སྤྲི་རྫས།
Reactant	འཕབ་སྦྱོར་བ།
Receptor protein	སྣེ་ལེན་པར་གྱུར་བའི་སྤྲི་རྫས།
Ribonucleotide	ཉིང་མངར་ལྷེ་ཉིང་གྲུབ་ཆ།
Ribosome	ཉིང་མངར་དབང་གཟུགས།
Sea level rise	མཚོ་ངོས་འཕེལ་བ།
Sense of touch	རེག་ཚོར་དབང་པོ། རེག་པའི་ཚོར་སྣང་།
Signaling protein	འཕྲིན་གཏོང་སྤྲི་རྫས།
Single bond	ཆིག་རྐྱང་འཆིང་བ།
Smell	དྲི་ཚོར།
Solution	བཞུ་བྱེད་གཤེར་གཟུགས།
spindle	ཕང་མ།
Stained	ཚོན་རྩི་བྱུགས་པ།
Structural core	ལུས་སྒྲོམ་སྙིང་པོ།
Substrate	གཞི་རྫས།
Sugar	ཀ་ར།
Sulfur	མུ་ཟི།
Taste	རོ་ཚོར།
telophase	སྐྱི་མོས་འཁྱུམ་པའི་དུས།
Temperature-sensing receptor	དྲོད་ཚོར་སྐྱེན་པའི་སྣེ་ལེན་པ།
Touch	རེག་ཚོར།
Transcript	ཕབ་ཚིག
Transcription	ཕབ་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ།
Triple bond	སུམ་རྩེག་འཆིང་བ།
tRNA	འདྲེན་བྱེད་ཨར་ཨེན་ཨེ།
Two polar	ལྡོག་སྣེ་གཉིས། སྣེ་གཉིས།
Universal solvent	ཀུན་ཁྱབ་བཞུ་བྱེད།
Urbanization	གྲོང་མཆེད།
Valence electrons	བྲིན་པའི་གློག་རྡུལ།
Variable group	འགྱུར་སྐྱེན་དུ་ཚོགས།
Vehicle	ཐེག་པ། འདྲེན་པ། འགྲུལ་འཁོར།
Vision	གཟུགས་ཚོར། མཐོང་ཚོར།
Water temperature change	ཆུའི་དྲོད་ཚད་ཀྱི་འགྱུར་བ།
Weather	ལྷུང་གཤིས།
Wetlands disappear	ལྷན་ས་ཡལ་བ།