

STEWART CARLYLE BUSHONG

Radyoloji Bilimi

Teknolojistler için

Fizik, Biyoloji ve Korunma

Onbirinci Baskı

Çeviri Editörü:
İbrahim Tanzer Sancak



GÜNEŞ TIP
KİTAPBEVLERİ

Radyoloji Bilimi

Teknolojistler İçin

Fizik, Biyoloji ve Korunma

Onbirinci Baskı



GÜNEŞ TIP
KİTABEVLERİ

Radyoloji Bilimi

Teknolojistler İçin

Fizik, Biyoloji ve Korunma

Onbirinci Baskı

Stewart Carlyle Bushong, ScD, FAAPM, FACR

Professor of Radiologic Science
Baylor College of Medicine
Houston, Texas

Çeviri Editörü

Prof. Dr. İbrahim Tanzer Sancak



**GÜNEŞ TIP
KİTABEVLERİ**

© 2020 Elsevier Limited

Radyoloji Bilimi Teknolojistler İçin Onbirinci Baskı

ISBN: 978-975-277-789-7

Stewart Carlyle Bushong, ScD, FAAPM, FACR tarafından hazırlanan "Radiologic Science For Technologists, Eleventh Edition"ın bu Türkçe yayını Elsevier Limited tarafından üstlenilmiş ve Elsevier Inc. ile anlaşmalı olarak yayınlanmıştır.

Tüm hakları saklıdır. 5846 ve 2936 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri yasası gereği herhangi bir bölümü, resmi veya yazısı, yazarların ve yayıncısının yazılı izni alınmadan tekrarlanamaz, basılamaz, kopyası çıkarılamaz, fotokopisi alınamaz veya kopya anlamı taşıyabilecek elektronik ve mekanik hiçbir işlem yapılamaz.

**RADIOLOGIC SCIENCE FOR TECHNOLOGISTS: PHYSICS,
BIOLOGY, AND PROTECTION, ELEVENTH EDITION**

Copyright © 2017 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

ISBN: 978-0-323-35377-9



This translated edition of the Radiologic Science For Technologists, Eleventh Edition by Stewart Carlyle Bushong ScD, FAAPM, FACR is undertaken by Elsevier Limited and is published by arrangement with Elsevier Inc.

Çeviri Güneş Tıp Kitabevi'nin tek sorumluluğunda yapılmaktadır. Uygulayıcılar ve araştırmacılar, burada açıklanan her türlü bilgi, yöntem, bileşik veya deneyin değerlendirilmesinde ve kullanımında her zaman kendi deneyim ve bilgilerine dayanmaları gerekmektedir. Tıp bilimindeki hızlı gelişmeler nedeniyle, özellikle teşhis ve ilaç dozajlarının bağımsız olarak doğrulanması yapılmalıdır. Yasalar ölçüsünde Elsevier, yazarlar, editörler veya katkıda bulunanlar tercümeden veya burada yer alan herhangi bir yöntem, ürün, talimat veya fikirlerin kullanımı veya işletilmesinden veya ürünlerin yükümlülüğü, ihmali veya başka bir sebeple kişilerde veya mülkte oluşabilecek herhangi bir yaralanma ve/veya zarardan ötürü sorumluluk kabul etmez.

Genel Yayın Yönetmeni: Murat Yılmaz

Genel Yayın Yönetmeni Yardımcısı: Polat Yılmaz

Yayın Danışmanı ve Tıbbi Koordinatör: Dr. Ufuk Akçıl

Yayına Hazırlama: Güneş Dizgi-Grafik Tasarım Birimi

Baskı: Ayrıntı Basım ve Yayın Matbaacılık Hiz. San. Tic. Ltd. Şti.

İvedik Organize Sanayi Bölgesi 28. Cad. 770 Sok. No: 105-A Ostim/ANKARA

Telefon: (0312) 394 55 90 - 91 - 92 • Faks: (0312) 394 55 94

Sertifika No: 13987

GENEL DAĞITIM GÜNEŞ TIP KİTABEVLERİ

ANKARA

M. Rauf İnan Sokak No: 3
06410 Sıhhiye / Ankara
Tel: (0312) 431 14 85 • 435 11 91-92
Faks: (0312) 435 84 23

İSTANBUL

Gazeteciler Sitesi Sağlam Fikir Sokak
No: 7 / 2 Esentepe / İstanbul
Tel: (0212) 356 87 43
Faks: (0212) 356 87 44

KADIKÖY

Rasimpaşa Mah. İskele Sokak
No: 4 / A Kadıköy / İstanbul
Tel: (0216) 546 03 47

www.guneskitabevi.com

info@guneskitabevi.com



www.guneskitabevi.com
www.mea.elsevierhealth.com

Kitap Eleştirmenleri

Amy Crofts, MHa/Ed; RT (R)(QM)

Clinical Teaching Faculty
Owens Community College
Toledo, Ohio

Jeffery E. Tillotson, BS RT (R)

Clinical Coordinator
Nashville General Hospital School of Health Sciences
Nashville, Tennessee

Joy Menser, MSM, RT(R) (T)

Radiography Program Director
Owensboro Community and Technical College
Owensboro, Kentucky

BCM

Baylor Tıp Fakültesi/Okulu

İthaf

Bu ders kitabının ilk basımını yazdığım 1974 yılında kimsenin okumayacağını, daha da azının satın alacağını bekliyordum. Terfi edilmek için yazmıştım. Akademik başkanım ise Baylor Tıp Fakültesine tam profesör olarak terfi edebilmek için bir ders kitabının yazılması gerektiğini açıklamıştı. (Bushong, SC. A Book Report. Radiologic Technology pg. 405-409, March/April 2013).

Bu ders kitabın 11. basımını yazmam ve önceki 10 'nundan en büyük ödül kazanımım şimdi çok sayıda arkadaşım olmasıdır. Öyleyse bu basımı size, radyolojik eğitimimdeki arkadaşlarıma adıyorum. Bu ders kitabına birçoğunun emeği geçti ve bir çoğunun benimle birlikte eğitim toplantılarında konuşma kürsüsünü paylaştı. Arkadaşlığınızdandan dolayı sizlere çok teşekkürler ederim ve ömrümün dördüncü çeyreğinin geç fazında olmam nedeniyle hatırlayamadığım dostlardan özür dilerim!!!

Kenneth Abramovitch, University of Texas
Nancy Adams, Louisiana State University
Arlene M. Adler, Indiana University Northwest
Christian Allard, Universidad de Arica
Carla Allen, University of Missouri
Kelly Angel, Kaiser Permanente
Richard S. Angulo, Pima Medical Institute
Alex Backus, Gateway Community College
Philip Ballinger, Ohio State University
Stephen Balter, Columbia University
Ed Barnes, Medical Technology Management Institute
Gary Barnes, University of Alabama
Marcy Barnes, Lexington Community College
Cecilia Munoz Barsbino, University of Peru
Shirley A. Bartley, Hillyard Technical Center
Tammy Bauman, Banner Thunderbird Medical Center
Richard Bayless, University of Montana
Chris Beaudry, Yakima Valley Community College

Rochel Becker, Johns Hopkins School of Medical Imaging
Alberto Bello, Jr., Danville Area Community College
Bobbie Lynnette Biglane, US Air Force
Melanie Billmeier, North Central Texas College
Nathaniel L. Bishop, Jefferson College of Health Sciences
Denise Bowman, Community Hospital of Monterrey Peninsula
Colleen Brady, Minnesota State College
Jeffrey Brown, Kaiser Permanente
Karen Brown, Gateway Community College
Norman L. Burgess, Brookhaven College
Barry Burns, University of North Carolina
Deanna Butcher, St. Cloud Hospital
Priscilla Butler, American College of Radiology
James Byrne, Houston Community College
Cisca Bye, Montgomery County Community College
Andres Cabezas, Central University of Chile
Donna L. Caldwell, Arkansas State University

- Shaun T. Caldwell, UT MD Anderson Cancer Center
 William J. Callaway, Lincoln Land Community College
 Richard R. Carlton, Arkansas State University
 Mary Ellen Carpenter, Essex County College
 Quinn Carroll, Midland College
 Richard Carson, Oregon Institute of Technology
 Christi Carter, Brookhaven College
 Timothy C. Chapman, Gateway Community College
 Christian Chavez, Universidad de Arica
 Jean Christensen, Mercy Medical Center
 Carolyn L. Cianciosa, Niagara County Community College
 David Clayton, UT MD Anderson Cancer Center
 Brenda M. Coleman, Columbia State Community College
 Edgar Colon, Universidad Central del Caribe
 Judy Cook, Tarrant County College
 Charles Coulston, Bluegrass Community & Technical College
 Tracy Crandall, Atlanta SRT
 Russell Crank, Rockingham Memorial Hospital Healthcare
 Suzanne E. Crandall, Iowa Methodist Medical Center
 Angela Culliton, Mercy Medical Center
 Cheryl V. Cunningham, Virginia Western Community College
 Jacklynn Scott Darling, Morehead State University
 Lynne Davis, Houston Community College
 Denise DeGennaro, Lone Star College
 Ann Delaney, University of Montana
 Jenny Delawalla, Gwinnett Technical College
 Lois Depouw, Rasmussen College
 Steve Deutsch, Spencer Hospital
 Randall D. Dings, Pima Community College
 Martha Dollar, Columbus Technical College
 Mary Doucette, Great Basin College
 Marsha Dougherty, Lone Star College
 Cheryl DuBose, Arkansas State University
 Pat Duffy, Roxbury Community College
 Rodrigo Antonio Galaz, University of Santiago
 Joe Garza, Lone Star College
 Andrea Guillen Dutton, Chaffey College
 Jennyfer Gutierrez, University of Peru
 Ursula Dyer, Kilgore College
 John W. Eichinger, Technical College of the Low Country
 Karen Emory, Grady Memorial Healthcare
 Michael A. Enriquez, Merced Community College
 Lisa S. Fanning, Massachusetts College of Health Sciences
 Terri Fauber, Virginia Commonwealth University
 Bill Faulkner, University of Tennessee
 Shanna Farish, Medical RT Board of Examiners
 Kae Brock Fleming, Columbia State Community College
 Sherry Floerchinger, Dixie State College of Utah
 M. Ella Flores, Blinn College
 Mike Frain, Northern New Mexico College
 Eugene Frank, Riverland Community College
 Richard Fucillo, Burlington Community College
 Michael Fugate, University of Florida
 Ismael Garcia, Del Mar College
 Sandra Garcia, Fort Sam Houston
 Andrew Gardner, Atlanta Technical College
 Joe Garza, Lone Star College
 Rudy Garza, Austin Community College
 Camille Gaudet, Hopital Regional Dr-Georges-L-Dumont
 Pamela Gebhart-Cline, Riverside School
 Diane George, Jackson State College
 Susan Giboney, Kaiser Permanente
 Tim Gienapp, Apollo College
 Julie A. Gill, ASRT
 Joel Gray, Medical Physics Consulting
 Ginger Griffin, Jacksonville, FL
 LaVern Gurley, Shelby State Community College
 Dick Gwilt, Indian Health Service
 Jeff Hamzeh, Keiser University
 Loretta Hanset, Harris County Hospital District
 Nancy Harney, University of Iowa
 Michael D. Harpin, University of South Alabama
 Kenya Haugen, Baptist Health System
 Art Haus, Ohio State University
 Nancy Hawking, University of Arkansas
 Joyce O. Hawkins, Bon Secours Richmond Health System
 John Hazle, UT MD Anderson Cancer Center
 Clyde R. Hembree, University of Tennessee
 Ed Hendrick, Northwestern University
 Chad Hensley, University of Nevada-Las Vegas
 Tracy Herrmann, University of Cincinnati
 Victoria Holas, Arizona Western College
 Peggy Hoosier, Advanced Health Education Center
 Miguel Iglesias, Colegio Tecnológico Médico del Perú
 Keith Indeck, Norwalk Radiology Center
 Janie Jackson, Tarrant County College
 Donald Jacobson, Medical College of Wisconsin
 Jeniesa Johnson, Tarrant County College
 Nancy Johnson, Gateway Community College
 Starla Jones, Medical College of Georgia
 Linda Joppe, Rasmussen College

Helen Schumpert Kauchak, Ashville MRI
 Dianne M. Kawamura, Weber State University
 Leslie E. Kendrick, Boise State University
 Cheryl Kerr, San Diego Naval Station
 April D. Kidd, USFDA/CDRH
 Jeannie Kilgore, Clovis Community College
 Jeffery B. Killian, Midwestern State University
 Paul A. Kusber, Mills Peninsula School
 Ruth Kusterer, Virginia SRT
 Kent Lambert, Drexel University
 Tim Lambrecht, Baylor Grapevine Diagnostic Imaging
 John P. Lampignano, Gateway Community College
 Paul Laudicina, College of DuPage
 Gary Leach, Memorial Hermann Hospital
 Lois Lehman, Texas Scottish Rite Hospital for Children
 Deborah Leighty, Hillsborough Community College
 Patricia Lenza, Concord's Community College
 Chris B. Martin, Oklahoma Health Sciences Center
 LeAnn Maupin, Oregon Institute of Technology
 Cynthia McCullough, Mayo Clinic
 Darrly Mendoza, Mills Peninsula School
 Joy Menser, Owensboro Community College
 Robert Meisch, Indiana State University
 Kim Metcalf, George Washington University
 Massimo Midiri, University of Palermo
 Becky Miller, Horry-Georgetown College
 Debbie K. Miller, Spokane Community College
 Ruby Montgomery, Marion County Community College
 Dawn Moore, Atlanta SRT
 Fernando A. Morales, Universidad Diego Portales
 Jose Rafael Moscoso, Universidad Central del Caribe
 C. William Mulkey, Midlands Technical College
 Mindy Mutschler, Mercy Medical Center
 Glenna Neumann, Atlanta SRT
 Mary Ellen Newton, St. Francis School
 Edward Nickoloff, Columbia University
 Tanya Nolan, Weber State University
 Larry Norris, Lone Star College
 Sandra Ochoa, Del Mar College
 Cyndee Oliver, Lone Star College
 Lori Oswalt, Covenant School of Radiography
 Francis Ozor, Lone Star College
 George Pales, University of Nevada
 Paula Pate-Schloder, Misericordia University
 Brenda L. Pfeiffer, Loma Linda University
 Rob Posteraro, Covenant School of Radiography
 Chase Poulsen, Jefferson College of Health Sciences
 Jerilyn J. Powell, Rapid City Regional Hospital
 Valerie J. H. Powell, Robert Morris University
 Kevin Powers, ASRT
 Perri Preston, University of Florida
 Roger A. Preston, Reid Hospital & Health Services
 Cheryl Pressly, Grady Health School of Imaging Technology
 James Pronovost, Naugatuck Valley Community College
 Barbara Smith Pruner, Portland Community College
 John Radtke, Louisiana State University
 Roland Rhymus, Loma Linda University
 Teresa Rice, Houston Community College
 Jennifer A. Rigsby, Austin Community College
 Cynthia Robertson, Lone Star College
 Rita Robinson, Memorial Hermann Hospital
 Jeannean Rollins, Arkansas State University
 Donna Rufsholm, South Peninsula Hospital
 Bonnie Rush, Educational Enterprise
 Francesca Russo, Sant Marcia Dilicodia
 Loren A. Sachs, Orange Coast College
 Marilyn Sackett, Advanced Health Education Center
 Ehsan Samei, Duke University
 Thomas Sandridge, University of Illinois
 Jim Sass, Gwinnett Technical College, Atlanta SRT
 Bette Schans, Colorado Mesa University
 Eric J. Shepard, Fort Sam Houston
 Martin Schotten, Yuma Medical Center
 Euclid Seeram, British Columbia Institute of Technology
 Joseph Shackelford, Jackson Community College
 Elizabeth Shields, Presbyterian Hospital
 Linda Shields, El Paso Community College
 Anthony Siebert, University of California, Davis
 Marcelo Zenteno Silva, Central University of Chile
 Mark A. Sime, Mercy Medical Center
 Kathryn M. Slagle, University of Alaska-Anchorage
 Dawn Stark, Mississippi State University
 Rees Stuteville, Oregon Institute of Technology
 Donald Summers, Lincoln Land Community College
 Raquel Tapia, Del Mar College
 Christl Thompson, El Paso Community College
 Kyle Thornton, City College of San Francisco
 Kimberly Todd, Jackson State Community College
 Renee Tossell, Pima Community College
 Brenna Travis, Tarrant County College
 Virginia Vanderford, Portland Community College
 Beth L. Veale, Midwestern State University
 Susan Sprinkle Vincent, Advanced Health Education Center
 Louis Wagner, University of Texas Medical School
 Jeff Walmsley, Lorain Community College

Steven D. Walters, Regional Medical Center of San Jose
 Patti Ward, Colorado Mesa University
 Lynette K. Watts, Midwestern State University
 Laurie Weaver, Casper College
 Stephanie A. Wells, Brookhaven College
 Diana S. Werderman, Trinity College
 Mark White, University of Nebraska
 Tracey B. White, Arkansas State University
 Christine Wiley, North Shore Community College
 Carla Williams, Carteret Community College
 Judy Williams, Grady Memorial Hospital
 Bettye G. Wilson, ARRT
 Leslie F. Winter, JRCERT
 Ray Winters, Arkansas State University
 Ken Wintch, Colorado Mesa University
 Mary E. Wolfe, Catholic Medical Center

Andrew Woodward, Wor-Wic Community College
 Erica K. Wight, University of Alaska-Anchorage
 Raymond Wilenzek, Tulane University
 Charles Willis, UT MD Anderson Cancer Center
 Robert Wilson, University of Tennessee
 Ray Winters, Arkansas State University
 Melinda Wren, Del Mar College
 Donna Lee Wright, Midwestern State University
 Jennifer Yates, Merritt College
 Brad York, Houston Community College
 Brian Zawislak, Northwestern University Medical School
 Xie Nan Zhu, Guangzhou Medical College
 Kelly J. Zuniga, Houston Community College

Bu Kitap Yaşamda olan ve Aramızdan ayrılmış olan Arkadaşlarıma Adanmıştır.:

Abby Kuramoto
Arlo Carlyle Hopkinson
Bailey Schroth (†)
Bailey Spaulding
Bandit Davidson (†)
Bella Bushong
Biscuit Carlyle Martin
Boef Kuipers (†)
Brittney Prominski
Brownie Hindman (†)
Brutus Payne (†)
Buffy Jackson (†)
Butterscotch Bushong (†)
Casey Carlyle White
Casper Miller (†)
Cassie Kronenberger (†)
Chandon Davis (†)
Chester Chase (†)
Choco Walker (†)
Coco Winsor
Cookie Lake (†)
Daisey Carlyle Kronenberger
Desi Lohrenz
Dually Jackson
Dude Schwartz
Duke Carlyle McMullin

Duncan Hindman (†)
Ebony Bushong (†)
Emme Carlyle Couch
Flap Maly
Fonzie Schroth (†)
Frank Edlund
Geraldine Bushong (†)
Ginger Chase (†)
Grayton Friedlander
Gretchen Scharlach (†)
Guadalupe Tortilla Holmberg
Heidi Carlyle Couch
Jemimah Bushong (†)
Kate Davidson (†)
Kokopelli Carlyle Hames
Linus Black (†)
Lizzy Prominski
Loftus Meadows
Louie Carlyle Edlund
Lucy Spaulding (†)
Maddie Bushong
Maxwell Carlyle McMullin
Maxwell Haus (†) and my lenses
Midnight Lunsford (†)
Mini Hana (Indian Princess)
Molly Carlyle

Molly Holmberg (†)
Muttly Chase (†)
Pancho Villa Holmberg (†)
Peanut Schroth
Penny Carlyle Friedlander
Pepper Miller
Percy Lohrenz
Petra Chase (†)
Powers Jackson
Queenie Carlyle Reed
Rita Carlyle Kronenberger
Sadie Carlyle Reed
Sammie Chase
Sapphire Miller (†)
Sebastian Miller (†)
Sophe Carlyle Archer
Susi Bueso
Teddy Schroth
Tigger Carlyle Brice
Toby Schroth (†)
Toto Walker (†)
Travis Chase (†)
Tuffy Beman

(†) = “tanrı huzur içinde yatırsın”

İthaf – Aziz Dikiciler

Teknolojistler için Radyoloji Bilimi'nin bu on birinci baskısı Houston St. Martin Episkopal Kilisesi ki benim kilisem bile değildir, buradaki yeni arkadaşlarıma adanmıştır. Onların projeleri için kilit taşı örmecilerine yeni ibadethaneleri için ek dikicilere ihtiyaçları olduğunu keşfettim. Dikim için beni düşündüklerini ve konuşurken bile bir kişinin kilisede iken, TV izlerken ve diğer çok sayıdaki işlemler sırasında bile dikebileceğini söylediler. Yapmak kolay ve aynı anda birçok görevi ki dikiş bunlardan biridir.

Huston Kronikal'deki son makalelerden biri aziz dikicilerin iki erkeğinden biri olarak benimle yapmış oldukları görüşmeyi içermektedir. "Tam anlamıyla çıtır mıknaşısıdır." Hava limanı veya herhangi bir yerde dikim işlemine birden başlasam, çıtırlar, genellikle hayatın dördüncü çeyreğindekiiler toplanıp birçok soru ve kompliman yapıyorlar.

Daha önemlisi dikim işimi bitirdiğimde kesin olarak cennete gideceğime dair söz verildi. Bir yıldır oradayım ve gelişimimi planladım- aşağıdaki trabzanda asılı olan benim eserim. Bu tempoyla Mart 2031 de bitireceğim.



Soldan:

Sıra 1: Ada Grundy, Barbara Bush, Betty Workman, Ann Thurmond, Lee Hunnell, Marthann Weaber, Susan Rovello, Karen Fast, Nancy Marymee. Sıra 2: Joyce Jackson, Gerri Utterson, Bette Fryar, Pam Bentley, Clem McIver, Joan Hilley, Shirley Hopkins, Gerry Eversol, Ann Cochran, Fran Smith. Sıra 3: Shirley Allen Anne McFaddin, Sue Rea, Barbara Svetlik. Sıra 4: Michele Roberts, Stewart Bushong, Bobbie Adams, Martha Ann Linden, Dorothy Browne, Mary Epps, Kay Handley, Carroll Selander, Betty Ann Graves.

Önsöz

AMAÇ VE İÇERİK

“Teknolojistler için Radyoloji Bilimi: Fizik, Biyoloji ve Korunma”nın üç bölümde oluşan amacı: Çalışan bir radyoloji fizikçisini iletmek; ARRT tarafından yapılan sertifikasyon sınavına radyografi öğrencilerini hazırlamak; ve temel bilgi sağlayarak teknik faktörlerden, tanısal görüntü kalitesini iyileştirerek bilgili kararlar almasını sağlamak ve radyasyon yönetimini personel ve hastalar için sağlamaktır.

Bu ders kitabı Radyolojik bilim için sağlam sunum, temel radyoloji fiziği, tanısal görüntüleme, radyobiyoji ve radyasyon yönetimini sağlar. Özel başlıklar mammografi, floroskopi, girişimsel radyoloji, helikal bilgisayarlı tomografi ve sayısal görüntülemenin değişik modlarını içerir.

Radyolojik bilimin temelleri matematikten ayrılmaz, fakat bu ders kitabı okuyuculara matematik temellerini vereceğini taahhüt etmez. Az sayıda sunulan matematik denklemleri her zaman örnek problemler, direkt klinik uygulamalar takip eder. Öğrenme için ileri bir destek için tüm matematiksel formüller kendi görüntüsel gösterge ile belirginleştirilmiştir.



Aynı şekilde bunun gibi, tartışmadaki en önemli fikirler kendi renkli penguen görüntüsel göstergelerinde ve kutuda sunulmuştur. Bir PENGUEN kendi buzulunuzun üzerine koymak isteyeceğiniz en önemli unsurdur.



On birinci baskı daha fazla anahtar konseptleri içerecek şekilde bilgi kurşunlarının beğenilen özelliklerini arttırmakta ve tanımlamaları her bölümün içinde sunmaktadır. Bu ders kitabı aynı zamanda öğrenim hedefleri, bölüm gözden geçirmeleri ve bölüm özetleri ile öğrencileri desteklemekte ve metni herkes için kullanıcı dostu haline getirmektedir. Her bölümün sonundaki zorlu sorular tanımlama egzersizlerini, kısa cevap sorularını ve az sayıda hesaplamaları içermektedir. Bu sorular ev ödevi sınavları, gözden geçirme oturumları veya özerk testler ve

pratik için kullanılabilir. Tüm soruların cevapları geliştirilmiş <http://evolve.elsevier.com> sanal yörede bulunabilir.

TARİHSEL BAKIŞ

Roentgen'nin X-ışınlarını keşfetmesinden yedi dekat sonrasına kadar tanısal radyoloji göreceli olarak çalışma ortamında ve pratikte stabil olarak kalmıştır. O dönemde gerçekten büyük değişimler bir elde de olduğu sayılabilir: Crookes tüpü, radyografik grid, radyografik görüntü güçlendirme ekranları ve görüntü büyütme.

Bu ders kitabının 1975 yılında ilk baskısının yayınlanmasından sonra daha yeni sistemlerin tanısal radyoloji rutin kullanıma girmiştir: çok kesitli helikal bilgisayarlı tomografi, bilgisayarlı radyografi, sayısal radyografi, sayısal radyolojik tomosentez ve sayısal floroskopi. Bilgisayar teknolojisi ve X-ışını tüpünde ve görüntü algılayıcı dizaynlarındaki gerçekten olağanüstü ilerlemeler bu buluşları imkanı kılmıştır ve tanısal radyolojideki değişimi devam ettirmektedirler.

BU BASKIYA YENİ

On birinci baskı yeniden organize edilmiş, konsolide edilmiş ve yeniden günümüz görüntüleme çevresini yansıtmaları için güncellenmiştir. Sayısal radyoloji ekran-film radyografisinin yerini hızlıca almış ve bu durum radyoloji teknisyenlerinin eskiden gerekli olan birikimleri üzerine yeni ve başka bir bilgi kaynağını aynı eğitim süresi içinde kazanmalarını gerektirmiştir. Öncelikli olarak yeni teknikler ile hasta dozuna odaklanan sayısal görüntülemeye iki yeni bölüm eklenmiştir. Eğilim film/ekran radyografisinin sayısal radyoloji ile yer değiştirmesi olsa da, film/ekran radyografisini içeren bölümler atıf amaçlı ve hala film/ekran radyografisi eğitimi veren okulların olması nedeniyle on birinci baskıda bırakılmıştır.

Ek olarak, bu gerekli yeni içeriğe odaklanma ve ASRT merkez müfredatı ile yakın işbirliği öğrenci teknisyenleri ARRT sınavlarına hazırlama ve klinik ortamda iyi performans için ihtiyaçları olan bilgi birimini sağlamaktadır.

YARDIMCILAR

Öğrenci Çalışma Kitabı

Bu kaynak içerikteki değişikliği ve radyoloji bilimi alanındaki hızlı gelişimi yansıtmaları için güncellenmiştir. Kısım I ders kitabı bölümü ile organize edilmiş tam çalışma say-

faları seçimi sunar. Kısım II Matematik eğitmeni, herhangi bir öğrenci için önemli bilgi tazelemeyi sağlar. Laboratuvar deneyleri Radyoloji biliminde önemli konseptleri demonstrasyonu sağlamak üzere deneyleri toplar. Bunlar kolay kullanımla <http://evolve.elsevier.com> geliştirilmiş sanal yöre kullanıma uygundur.

Geliştirilmiş Kaynaklar

Yardımcı eğiticiler, Bir Sınav Bakış Test Bankasını içeren 900'ün üzerinde soru, yazı içindeki tüm görüntülerin toplandığı bir görüntü koleksiyonu ve bir PowerPoint ders sunumu eğiticiler için <http://evolve.elsevier.com> geliştirilmiş sanal yöre kullanıma uygundur.

Öğrenciler ve eğiticiler boy ölçüşme sorularının cevap anahtarları, laboratuvar deneyleri, matematik eğitmeni çalışma kitabının cevap anahtarı ve çalışma kitabının iş tablosunun cevap anahtarlarına erişebilirler.

NOT DEFTERİNDE BİR NOT

ARRT formal olarak uluslararası Birim Sistemlerine (SI birimleri) adapte olmasa da onlar bu on birinci baskıda sunulmuştur. Bu sistemle radyasyon ve radyoaktiviteye uygun birimler gelmektedir.

Röntgen ve rad gray (Gy_a ve Gy_t sırasıyla) ve rem ise sivert (Sv) olarak değiştirildi. Bu basımda SI birimleri ilk önce sunuldu, daha öncekiler parantez içinde takip etti. Özel niceliklerin özeti ve radyoloji bilimindeki birimler kitabın ön yüzü kapağı içinde bulunabilir.

Radyasyon ışınlama SI birimleri içinde C/kg, mGy olarak ölçülmüştür. Zira mGy dozun birimidir, radyasyon ışınlamasının bir ölçümü doku dozundan mGy' e **a** veya **t** altsimge eklenerek doku dozundan Archer ve Wagner (*Minimizing Risk From Fluoroscopic X-rays, PRM, 2007*) önerileri doğrultusunda ayrılabilir. Bu durumda radyasyon ışınlaması mGy_a ve doku dozu mGy_t olarak ölçülebilir.

TEŞEKKÜRLER

On birinci baskının hazırlanması için, daha önceki baskıların okuyucuları olup önerilerini, eleştirilerini, düzeltmelerini ve komplimanlarını gönderenler minnettarım.

Özellikle bu on birinci basımın adama sayfasında kimler olduğu açıkladığım yandaş radyolojik bilim eğitimcilerine minnettarım. Onların önerileri ve aydınlatmaları her zaman doğru hedefteydi. Çok sayıdaki besleyici çizimler ve bu on birinci basımda teşekkürler ile eklemiş çizimlerdir.

Arkadaşlarım ve yandaşlarım, Ben Archer Penguen hikayesini ekleyen yazardır ki benim için önemli eğitici araçtır. Ve o dur ki eğitimciler ve öğrenciler tarafından tavsiye edilen 30 Penguen çizim derslerim sırasında kullandığım forma dönmüştür. Hiçbir zaman ilkinin unutmayacağım. Üç Ruby Montgomery öğrencisi 2002 de Atlanta'daki Judy William'ın öğrenci ve eğitici konferansında beni uyarmışlardı. "Kutup ayıları penguenleri yer mi?" diye sormuşlardı. "Elbette yerler, onlar et yiyiciler" diye cevapladım. "Hayır, kutup ayıları Kuzey Kutbunda, penguenler Güney Kutbunda yaşarlar." güçlü dinleyici gülüşmesi.

Bu kitaptaki penguen çizgi çizimleri ve şekiller başka bir yakın arkadaşım Kraig Emmert'in çalışmalarıdır. Olağanüstü zaman ve çaban için teşekkürler Kraig.

Ne zaman ki ben bir dersin dinleyiciyim ve bir Penguen ile ayrılıyorum, derin başarılı olduğumu sayarım. Lütfen bana Penguenlerini gönder!

Sen, öğrenci ya da eğitici, bu kitabı kullan ve soruların veya önerilerin olsun, umarım ki bana sbushong@bcm.edu adresine e-mektup yollarsın, böylece birlikte bu çok zor öğrenilen özdekselin daha kolay öğrenilebilmesi için mücadele ederiz.

"Fizik eğlencelidir" benim radyolojik bilim kurslarımda ilkesidir.

Stewart Carlyle Bushong

Çeviri Editörü Önsözü

Bir başka çeviri kitabı ve yeni dostlar ile karşınızdayız. Radyoloji bilimine destek olan eski dostlar gibi büyük bir özveri ile çalışıp sıkışan zamanda süzdüler çevirilerini. Onlara ne kadar teşekkür etsem azdır. Bu kitap sağlık problemleri nedeni ile Güneş Tıp Kitapevlerindeki dostlara verilen sürede tamamlanamadı. Onlara özverileri için teşekkürü borç bilirim.

Bu kitap radyoloji biliminde bir nişi, radyoloji çalışanlarının kendilerini daha rahat hissetmelerini sağlayan fizik temeller üzerine güçlü basmalarını hedeflemektedir. Kitapta bölümleri içinde gezinmeye başladığınızda bir

nokta dikkatinizi çekecektir. Dünya standardı olan terimlerin kısaltmalarının orijinal hallerinde korunduğunu göreceksiniz. Hemen böyle de olur mu demeyin, bölümler, dizin ve indekste karşılıklarını Türkçe olarak bulabileceksiniz. Bundan sonraki dijitalleşen radyolojinin yeni nesil kitaplarında karşılaşacak olduğunuz terimleri daha rahat algılamanızı sağlayacaklar.

Daha iyi ve güzel günlerin hepimizin olması dilekleriyle.

Prof. Dr. İbrahim Tanzer Sancak

Çeviriye Katkıda Bulunanlar

Dr. Öğr. Görevlisi Mustafa Fatih Arslan

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

Dr. Muhammed Said Beşler

Ankara Şehir Hastaneleri
Radyoloji Bölümü

Uzm. Dr. Seda Çam

Özel Palmiye Hastanesi
Radyoloji Bölümü
İskenderun, Hatay

Dr. Emre Emekli

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

Uzm. Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl

TOBB ETÜ Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı
Ankara

Uzm. Dr. Murat Lushi

TOBB ETÜ Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı
Ankara

Dr. Akkan Mahmud

Lösante Çocuk ve Yetişkin Hastanesi
Ankara

Dr. Öğr. Üyesi Esin Kurtuluş Öztürk

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

Uzm. Dr. Saffet Öztürk

Bozüyük Devlet Hastanesi
Radyoloji Bölümü

Prof. Dr. İbrahim Tanzer Sancak

TOBB Etü Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı
Ankara

Prof. Dr. Nefise Çağla Tarhan

TOBB ETÜ Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı
Ankara

İçindekiler

KISIM I

RADYOLOJİK FİZİK, 1

- 1 Radyoloji Biliminin Temel Kavramları, 2
Çeviri: Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl
- 2 Maddenin Yapısı, 26
Çeviri: Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl
- 3 Elektromanyetik Enerji, 44
Çeviri: Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl
- 4 Elektrik, Manyetizma ve Elektromanyetizma, 60
Çeviri: Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl

KISIM II

X-RADYASYON, 83

- 5 X-ışını Görüntüleme Sistemi, 84
Çeviri: Dr. Saffet Öztürk, Esin Kurtuluş Öztürk
- 6 X-ışını Tüpü, 104
Çeviri: Dr. Saffet Öztürk, Esin Kurtuluş Öztürk
- 7 X-ışını Üretimi, 122
Çeviri: Dr. Saffet Öztürk, Esin Kurtuluş Öztürk
- 8 X-ışını Emisyonu, 135
Çeviri: Dr. Seda Çam
- 9 X-ışınının Madde İle Etkileşimi, 146
Çeviri: Dr. Seda Çam

KISIM III

RADYOGRAFİK GÖRÜNTÜ, 161

- 10 Radyografik Görüntü Kalitesi, 162
Çeviri: Dr. Nefise Çağla Tarhan
- 11 Saçılan Radyasyon, 186
Çeviri: Dr. Nefise Çağla Tarhan
- 12 Ekran-Film Radyografisi, 207
Çeviri: Dr. Nefise Çağla Tarhan
- 13 Ekran-Film Radyografik Tekniği, 236
Çeviri: Dr. Murat Lushi

KISIM IV

DİJİTAL RADYOGRAFİK GÖRÜNTÜ, 265

- 14 Medikal Görüntüleme Bilgisayar Bilimi, 266
Çeviri: Dr. Mustafa Fatih Arslan
- 15 Bilgisayarlı Radyografi, 283
Çeviri: Dr. Mustafa Fatih Arslan
- 16 Dijital Radyografi, 296
Çeviri: Dr. Mustafa Fatih Arslan
- 17 Dijital Sayısal Radyografik Teknik, 306
Çeviri: Dr. Mustafa Fatih Arslan
- 18 Dijital Sayısal Görüntüyü Görüntüleme, 321
Çeviri: Dr. Mustafa Fatih Arslan

KISIM V

GÖRÜNTÜ ARTEFAKTLARI VE KALİTE KONTROLÜ, 335

- 19 Ekran- Film Radyografik Artefaktlar, 336
Çeviri: Dr. Muhammed Said Beşler
- 20 Ekran- Film Radyografik Kalite Kontrolü, 343
Çeviri: Dr. Muhammed Said Beşler
- 21 Dijital Radyografik Artefaktlar, 354
Çeviri: Dr. Muhammed Said Beşler
- 22 Dijital Radyografik Kalite Kontrolü, 365
Çeviri: Dr. Muhammed Said Beşler

KISIM VI

İLERİ X- IŞINI GÖRÜNTÜLEME, 373

- 23 Mamografi, 374
Çeviri: Dr. Emre Emekli
- 24 Mamografi Kalite Kontrolü, 388
Çeviri: Dr. Emre Emekli
- 25 Floroskopi, 404
Çeviri: Dr. Emre Emekli
- 26 Dijital Floroskopi, 420
Çeviri: Dr. Emre Emekli
- 27 Girişimsel Radyoloji, 434
Çeviri: Dr. Emre Emekli
- 28 Bilgisayarlı Tomografi, 441
Çeviri: Dr. Emre Emekli

KISIM VII

RADYOBİYOLOJİ, 469

- 29 İnsan Biyolojisi, 470
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud
- 30 Radyobiyojinin Temel Prensipleri, 483
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud
- 31 Moleküler Radyobiyoloji, 491
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud
- 32 Hücrel Radyobiyoloji, 498
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud
- 33 Radyasyonun Deterministik Etkileri, 507
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud
- 34 Radyasyonun Stokastik Etkileri, 522
Çeviri: Dr. Akkan Mahmud

KISIM VIII

RADYASYONDAN KORUNMA, 541

- 35 Sağlık Fiziği, 542
Çeviri: Dr. Pınar Güleriyüz Kızıl

- 36** Radyasyondan Korunma İçin Tasarım, 551
Çeviri: *Dr. Pınar Güleryüz Kızıl*
- 37** Radyografi/Floroskopi Hasta Radyasyon Dozu, 567
Çeviri: *Dr. Pınar Güleryüz Kızıl, Dr. Murat Lushi*
- 38** Bilgisayarlı Tomografi Hasta Radyasyon Dozu, 577
Çeviri: *Dr. Seda am*

- 39** Hasta Radyasyon Dozu Yönetimi, 587
Çeviri: *Dr. Saffet ztrk, Dr. Esin Kurtuluş ztrk*
- 40** Mesleki Hasta Radyasyon Dozu Yönetimi, 598
Çeviri: *Dr. Saffet ztrk, Dr. Esin Kurtuluş ztrk*
- Dizin, 615
İndeks, 635

BU BÖLÜM, x-ışını görüntüleme bilim ve teknolojisinin temel kavramlarını araştırmaktadır. Bunlar madde, enerji, elektromanyetik spektrum ve iyonlaştırıcı radyasyonun çalışmasını içerir. Bir tanı aracı olarak iyonlaştırıcı radyasyonun üretimi ve kullanımı, radyografinin temeli olarak hizmet eder. Özellikle röntgen görüntüleme ile ilgilenen radyoloji teknisyenleri radyograficidir. Radyograficiler, hastaların ve tıbbi personelin güvenliği için belirlenmiş radyasyon koruma standartlarına uygun olarak x-ışını incelemelelerinin yapılmasında büyük sorumluluk sahibidir.

Bir x-ışını tüpü anında x-ışınları üretir, tüm fizik yasaları belirgindir. Katottan gelen fırlatılan elektron, x-ışınları üreten anodun hedefine çarpmaktadır. Bazı x-ışınları doku ile etkileşir ve diğer x-ışınları görüntüyü oluşturan algılayıcı ile etkileşir. Radyografi fiziği, x-ışınlarının üretimi ve etkileşimi ile ilgilenir.

Radyografi, çeşitli alanlarda büyük fırsatlar sunan bir kariyer seçeneğidir. Tıbbi görüntüleme alanına hoş geldiniz!.

ÇEVREMİZİN DOĞASI

Fiziksel bir analizde her şey madde ya da enerji olarak sınıflandırılabilir. Madde, boşlukta yer kaplayan ve kütleye sahip bir şeydir. Fiziksel nesnelerin oluşturulduğu maddedir. Bütün maddeler, çeşitli karmaşık şekillerde düzenlenmiş *atomlar* olarak adlandırılan temel yapı bloklarından oluşur. Bu atomik düzenlemelere 2. Bölümde ayrıntılı bir şekilde değinilecektir.

Maddenin ayırt edici özelliği, herhangi bir fiziksel nesnede yer alan madde miktarıdır. Bir nesnenin kütlesini tanımlarken genellikle ağırlık terimini kullanırız ve amaçlarımız için kütle ve ağırlığın aynı olduğunu düşünebiliriz. Ancak, bunların bire bir aynı olmadıklarını unutmayın. Kütle aslında enerji eşdeğeriyle tanımlanırken, ağırlık, yerçekimi etkisi altında bir cisme uygulanan kuvvettir.

Kütle kilogram olarak ölçülür (kg). Örneğin, Dünya'da, 200 lb (91 kg) bir erkek 120-lb (55 kg) bir kadından daha ağırdır. Bu, dünyanın kütlesi ile erkek ya da kadının kütlesi arasında yerçekimi adı verilen karşılıklı çekimden kaynaklanır. Ay'da, adam ve kadın, dünyada ağırlıklarının sadece altıda biri ağırlığındadır, çünkü ayın kütlesi dünyanınkinden daha azdır. Bununla birlikte, erkek ve kadın kütlesi sırasıyla 91 kg ve 55 kg'da değişmeden kalır.



Kütle, enerji eşdeğeri ile tanımlanan maddenin miktarıdır.

MADDE VE ENERJİ

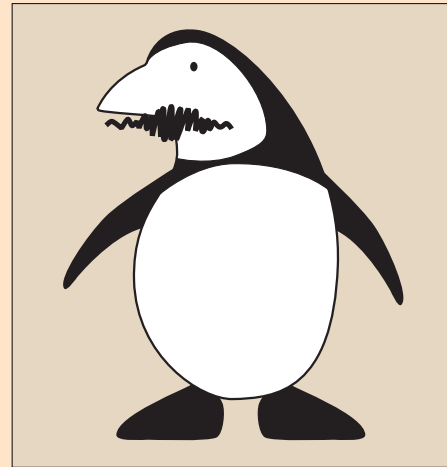
Madde, yer kaplayan bir şeydir. Fiziksel nesnelerin oluşturduğu kütleye sahip maddedir. Maddenin temel, karmaşık yapı taşları **atomlar** ve **moleküllerdir**.

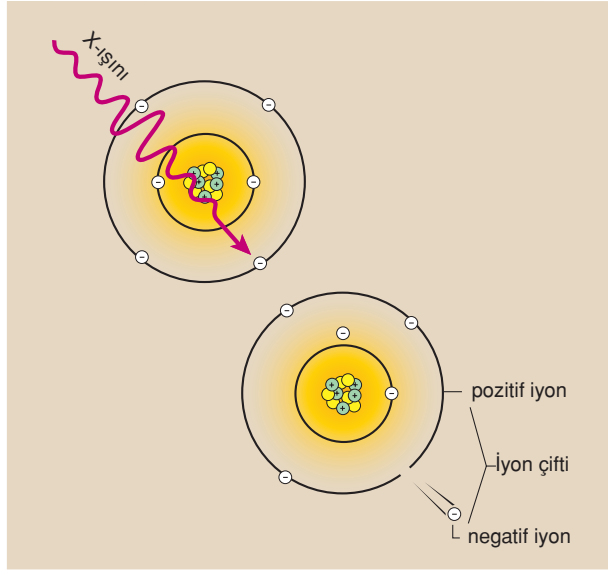


BENJAMİN RIPLEY ARCHER'DAN, PhD BİR PENGUEN HİKAYESİ

Antartika bölgesinin geniş ve güzel genişliğinde, bir zamanlar sakin denizde yüzen büyük, izole bir buz dağı vardı. Konumu ve erişilebilirliği nedeniyle, büyük buz dağı, tüm bölgeden penguenler için Mekke oldu. Giderek daha fazla penguen yeni evlerine akın etti ve buz alanının eğimlerini örtmeye başladıkça, buzdağı denize daha da batmaya başladı. Penguenler tırmanmaya devam etti, diğerlerini buzdağından uzaklaştırdı ve okyanusa geri döndü. Kısa zamanda buzdağı, orada ikamet etmeye çalışan penguenlerin sayısından dolayı neredeyse batmıştı.

Alınacak ders: PENGUEN, bir konuyu kavramak için öğrenmemiz gereken önemli bir gerçek ya da bilgiyi gösterir. Beyin, buzdağına benzer şekilde, aşırı yüklenmeden önce sadece çok fazla bilgiyi koruyabilir. Bu olduğunda, batan buzdağındaki penguenler gibi kavramlar yerinden olmaya başlar. Yani, öğrenmenin anahtarı, beynimizin değerli ve sınırlı alanlarını doldurmak için gerçek "penguenler" e yer ayırmaktır. Böylece bu kitaptaki önemli noktalar vurgulanır ve **"PENGUENLER"** olarak adlandırılır.





ŞEKİL 2-7 Bir x-ışını ile bir karbon atomunun iyonlaşması, atomu bir +1 elektrik yükü ile bırakır. İyonize atom ve serbest kalan elektron bir iyon çifti olarak adlandırılır.

Elektron Düzenlemesi

Her bir kabukta bulunabilen maksimum elektron sayısı (Tablo 2-2), kabuğun çekirdekten uzaklığı ile artar. Kabuk başına elektron limiti ifadeden hesaplanabildiğinden, bu sayıların hafızaya alınması gerekmez:

KABUK BAŞINA MAKSİMUM ELEKTRON

$2n^2$
n, kabuk numarasıdır.

Soru: O kabuğunda bulunabilecek maksimum elektron sayısı nedir?

Cevap: O kabuğu çekirdekten sonra beşinci kabuktur; bu nedenle:

$$\begin{aligned}
 n &= 5 \\
 2n^2 &= 2 (5)^2 \\
 &= 2 (25) \\
 &= 50 \text{ elektron}
 \end{aligned}$$

Bu cevap, 50 elektron, teorik bir değerdir. En büyük atom bile, O veya daha yüksek kabukları tamamen doldurmaz.

Fizikçiler kabuk numarası olan n 'yi **ana kuantum numarası** olarak adlandırırlar. Her atomdaki her elektron, kesinlikle dört kuantum numarası ile adlandırılır, bu numaralardan en önemli olanı ana kuantum numarasıdır. Diğer üç kuantum numarası, radyolojik bilim için önemli olmayan alt kabukların varlığını temsil eder.

TABLO 2-2

Her Elektron Kabuğunu İşgal Edebilecek Maksimum Elektron Sayısı

Kabuk Numarası	Kabuk Sembolü	Elektron Sayısı
1	K	2
2	L	8
3	M	18
4	N	32
5	O	50
6	P	72
7	Q	98

Gözlemci okuyucu, bir atomdaki kabukların sayısı ve elementlerin periyodik tablosundaki konumu arasında bir ilişki olduğunu fark etmiş olabilir. Oksijen sekiz elektrona sahiptir; İki tanesi K kabuğunu işgal eder ve altı tanesi L kabuğunu işgal eder. Oksijen periyodik tablonun ikinci periyodunda (sıra) ve altıncı grubunda (kolon) bulunur (bkz. Şekil 2-4).

Alüminyum aşağıdaki elektron konfigürasyonuna sahiptir: K kabuğu, iki elektron; L kabuğu, sekiz elektron; M kabuğu, üç elektron. Bu nedenle alüminyum periyodik tablonun üçüncü periyodunda (M kabuğu) ve üçüncü grupta (üç elektron) bulunur.

ELEKTRON DÜZENLEMESİ

En dış kabuktaki elektron sayısı:
 ... Periyodik tabloda grubuna eşittir.
 ... Bir atomun değerini belirler.
 En dıştaki elektron kabuğu sayısı:
 ... Periyodik tablodaki periyoduna eşittir.

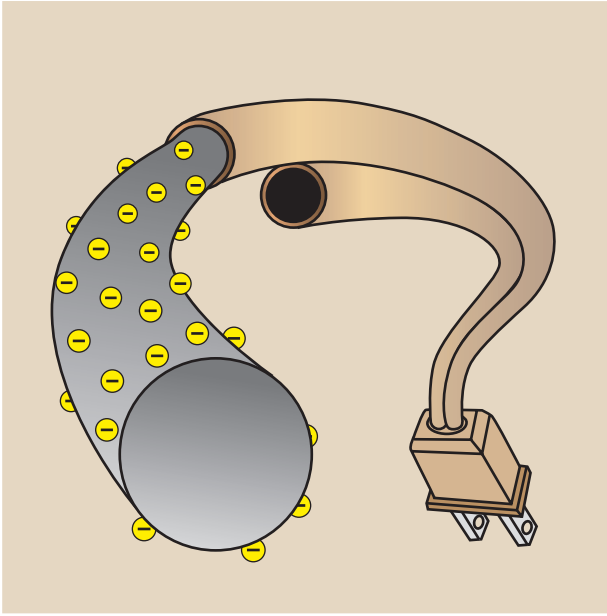
Soru: Gastrointestinal kontrast madde, baryum için periyod ve grup nedir (referans Şekil 2-4)?

Cevap: Periyod 6 ve grup II.

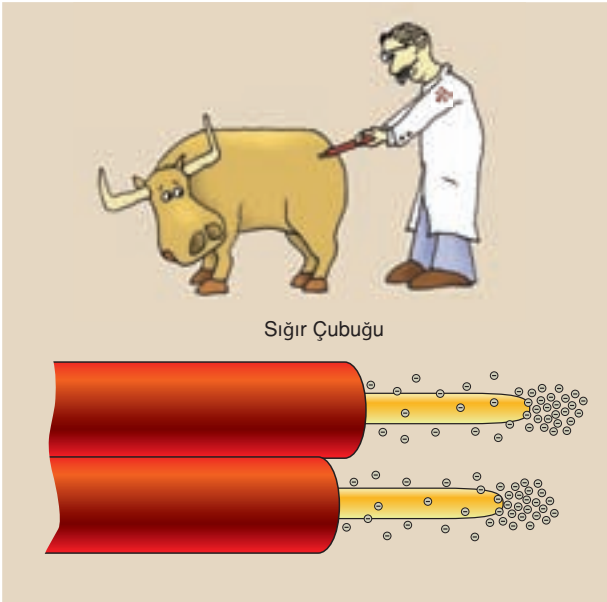


Hiçbir dış kabuk sekizden fazla elektron içermez.

Periyodik tablo neden sekizli gruplar halinde benzer kimyasal özellikleri tekrarlayan elementler gösteriyor? Herhangi bir kabukta izin verilen maksimum elektron sayısı üzerindeki sınırlamaya ek olarak, dış kabuk her zaman sekiz elektronla sınırlıdır.



ŞEKİL 4-7 Elektrikli bir bakır telin kesiti, tel yüzeyinin aşırı elektrostatik yüklere sahip olduğunu gösterir.



ŞEKİL 4-8 Elektrostatik yüklenmeler en keskin eğrilikli yüzeylerde yoğunlaşmıştır. Sığır çubuğu bu elektrostatik yasadana yararlanan bir cihazdır.



Bir iletkenin elektrik yükü, yüzeyin en keskin ucu boyunca yoğunlaşmıştır.

Elektrikli bir sığır çubuğu (Şekil 4-8) ile elektrik yükleri, elektrik yükünün yoğunlaştığı her bir uç hariç, iki elektrotun yüzeyine eşit olarak dağılır. Önde gelen sığır çubuğu üreticisinin sloganı “İşimiz şoklama”dır. (Şekil 4-8).

Elektrik Potansiyeli

Potansiyel enerjinin Bölüm 1’deki tartışılması, bu enerjinin işle ilişkisini vurguladı. Potansiyel enerjiye sahip bir sistem depolanan enerjili bir sistemdir. Böyle bir sistem, bu enerji serbest bırakıldığında iş yapabilme yeteneğine sahiptir.

Elektrik yükleri potansiyel enerjiye sahiptir. Birbirlerine yakın konumlandırıldıklarında, elektrik yükleri gibi elektrik potansiyel enerjisine sahiptirler çünkü ayrıldıklarında iş yapabilirler. Bir telin bir ucunda toplanan elektronlar elektrik potansiyeli yaratır, çünkü elektrostatik itme kuvveti bazı elektronların tel boyunca hareket etmesine neden olur, böylece iş yapılabilir.



Elektrik potansiyeli birimi volt (V) ‘dir.

Elektrik potansiyeline bazen voltaj denir; voltaj ne kadar yüksek olursa, iş yapma potansiyeli o kadar yüksektir. Amerika Birleşik Devletleri’nde, evlerde ve ofislerde elektrik potansiyeli 110 V’tur. X-ışını görüntüleme sistemleri genellikle 220 V veya daha yüksek voltaj gerektirir. Volt potansiyel enerji/birim yük veya *joule/coulomb*’dur ($1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$).

ELEKTRODİNAMİK

Elektrodinamik olayları elektrik olarak tanıyoruz. Bakır tel gibi nesnelere elektrik potansiyeli uygulanırsa, elektronlar tel boyunca hareket eder. Buna elektrik akımı veya elektrik denir.

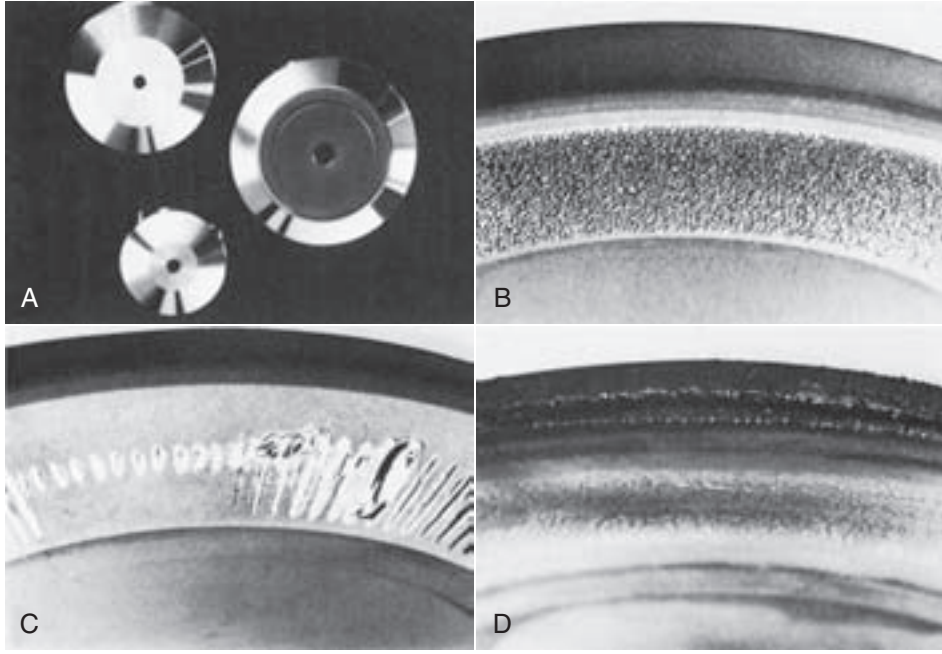
Elektrik akımları birçok nesne türünde meydana gelir ve insan vücudunun çok küçük akımlarından (örneğin elektrokardiyogramlarla ölçülenler) ülkeyi bir uçtan öbür uca kateden elektrik iletim hattının 440,000-V çok büyük akımlarına kadar değişir.



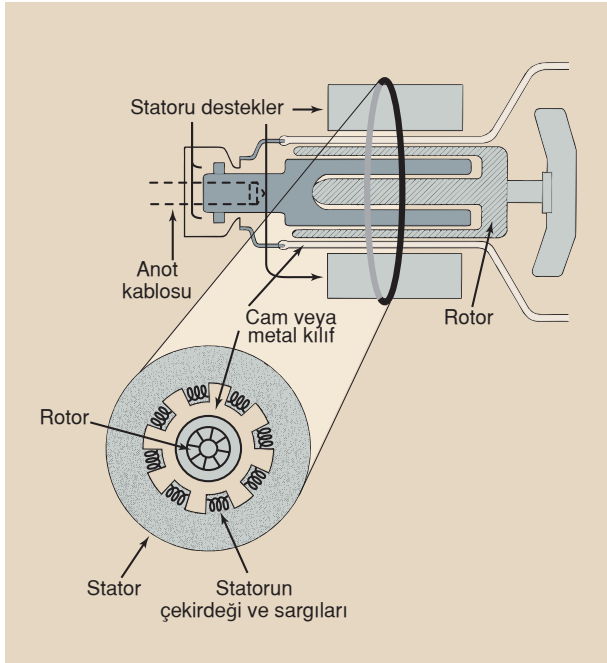
Elektrodinamik, elektrik yüklerinin hareket halinde incelenmesidir.

Elektrik akımının yönü önemlidir. Benjamin Franklin ilk klasik deneylerinde uçurtma ipinde pozitif elektrik yüklerin iletiltiğini varsayıyordu. Talihsiz sonuç, elektrik akımı yönünün her zaman elektron akışının tersidir diyen toplantıydı. Elektrik mühendisleri elektrik akımı ile çalışırken, fizikçiler genellikle elektron akışıyla ilgilenir.

Geleneksel elektrikli ev tellerinin bir kısmı, genellikle bakır, kauçuk veya plastik bir yalıtım malzemesi ile kaplanmış metal iletken bir telden oluşur. Yalıtım malzemesi, elektron akışını iletken sınırlar. Yalıtım malzemesine dokunmak şokla sonuçlanmaz; iletken dokunmak sonuçlanır.



ŞEKİL 6-14 Yeni (A) döner anotların pürüzsüz, parlak görünümleri ile arıza sonrası görünümlerinin karşılaştırılması (B – D). Yavaş rotasyon sonucu anot ayrılması ve yüzey erime örneklerinin nedenleri gösterilmektedir: yatak hasarı (B), tekrarlanan aşırı yüklenme (C) ve maksimum ısı depolama kapasitesinin aşılması (D). (Philips Medical Systems nezaketleri ile.)



ŞEKİL 6-15 Döner bir anot tüpünün hedefi, ana bileşenleri stator ve rotor olan bir indüksiyon motoruyla güçlendirilir.

Stator olarak adlandırılan bu cam veya metal kılıfın dışındaki kısım, tüpün boynu etrafına eşit aralıklarla yerleştirilmiş bir dizi elektromıknatıstan oluşur. Cam veya metal kılıfın içinde, bakır ve yumuşak demir çubuklardan yapılmış tek bir kütle haline getirilmiş bir mil bulunur. Bu parçaya *rotor* denir.



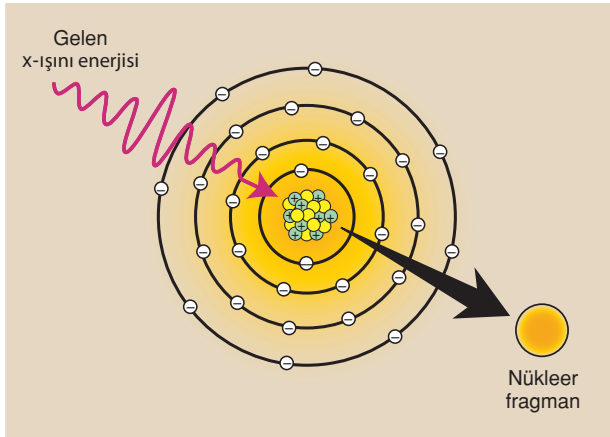
Döner anot, bir elektromanyetik indüksiyon motoruyla çalışır.

İndüksiyon motoru, transformatöre benzer şekilde elektromanyetik indüksiyonla çalışır. Her stator sargısındaki akım, rotoru saran manyetik bir alanı indükler. Stator sargılarına ardarda enerji verilir, böylece indüklenen manyetik alan stator ekseninde döner. Bu manyetik alan ferromanyetik rotorla etkileşime girerek aktif stator sargılarının senkronize dönmesini sağlar.

Radyoloji teknikeri bir radyografik görüntüleme sisteminin ışınlama düğmesine bastığında, ışınlama gerçekleşmeden önce kısa bir gecikme olur. Bu, filaman ısınırken rotorun belirlenmiş rpm hızına ulaşmasına yönelik tasarlanmıştır. Ancak o zaman x-ışını tüpüne kVp uygulanabilir.

Bu süre zarfında, doğru x-ışını tüp akımını sağlamak için filaman akımı artırılır. İki pozisyonlu ışınlama anahtarı kullanıldığında, anahtar tek hareketle son pozisyona getirilmelidir. Bu, filamanın ısınma süresini en aza indirir ve tüp ömrünü uzatır.

Yüksek hızlı rotorlu görüntüleme sistemlerinde ışınlama tamamlandığında, rotorun yavaşladığını ve yaklaşık 1 dakika içinde durduğunu duyabilirsiniz. İndüksiyon motoru ters yerleştirildiğinden yüksek hızlı rotor olabildiğince çabuk yavaşlar. Rotor, tamamen dengelenmiş, düşük sürtünmeli bir cihazdır. Kendi haline bırakıldığında, kul-



ŞEKİL 9-9 Işın parçalanımı, yüksek enerjili x-ışınları ve çekirdek arasındaki bir etkileşimdir. X ışını çekirdek tarafından emilir ve bir nükleer fragman yayılır.

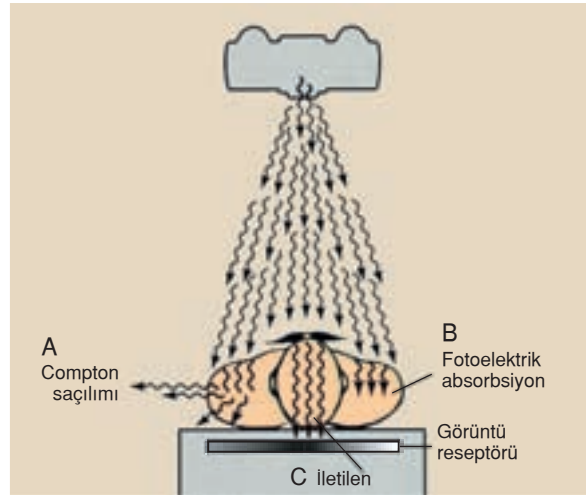
Çift üretimi yalnızca 1.02 MeV'den daha büyük enerjilere sahip x-ışınlarını içerdiğinden, x-ışını görüntülemesinde önemsizdir, ancak nükleer tıpta pozitron emisyon tomografi (PET) görüntülemesi için çok önemlidir.

Işıl Parçalanım

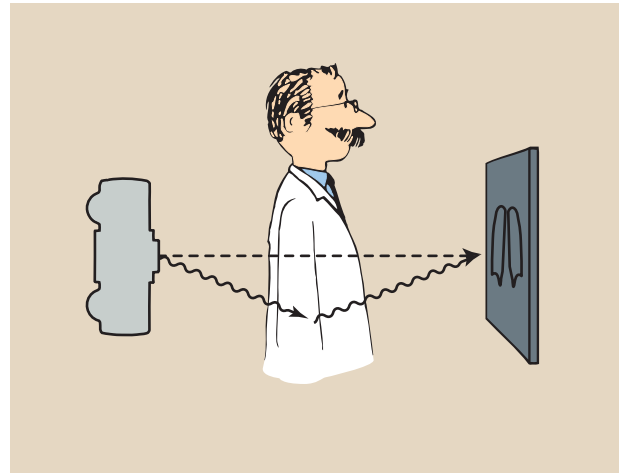
Yaklaşık 10 MeV'nin üzerinde enerjiye sahip X ışınları, elektronlarla ve nükleer alanla etkileşimlerden kaçabilir ve doğrudan çekirdek tarafından emilebilir. Bu olduğunda, çekirdek uyarılmış bir duruma yükselir ve anında bir nükleon veya başka bir nükleer fragman yayar. Bu sürece **ışıl parçalanımı** denir (Figür 9-9).



Tanısal görüntüleme, ışıl parçalanımı oluşmaz.



ŞEKİL 9-10 Üç tip x-ışını bir radyografinin yapımında önemlidir: Compton etkileşimi ile saçılanlar (A), fotoelektrik olarak absorbe olanlar (B) ve hastayla etkileşmeden iletilenler (C).



ŞEKİL 9-11 Bir x-ışını Compton saçıldığında, görüntü reseptörü doğrudan kaynaktan geldiğini düşünür.

DİFERANSİYEL ABSORPSİYON

Bir x-ışınının doku ile etkileşime girebileceği beş yoldan yalnızca ikisi radyoloji için önemlidir, Compton saçılması ve fotoelektrik etki. Benzer şekilde, yalnızca iki x-ışını üretim yöntemi (bkz. Bölüm 7) -bremsstrahlung x-ışınları ve karakteristik x-ışınları- önemlidir.

Bununla birlikte, x-ışınının vücutla etkileşime girmeneden iletilmesi, x-ışınının Compton saçılması veya fotoelektrik etki ile etkileşmesinden daha önemlidir. Şekil 9-10 bu x-ışını türlerinin her birinin bir görüntüye nasıl katkıda bulunduğunu şematik olarak göstermektedir.



Diferansiyel absorpsiyon; Compton saçılması, fotoelektrik etki ve hastadan geçen x ışınlarından kaynaklanır.

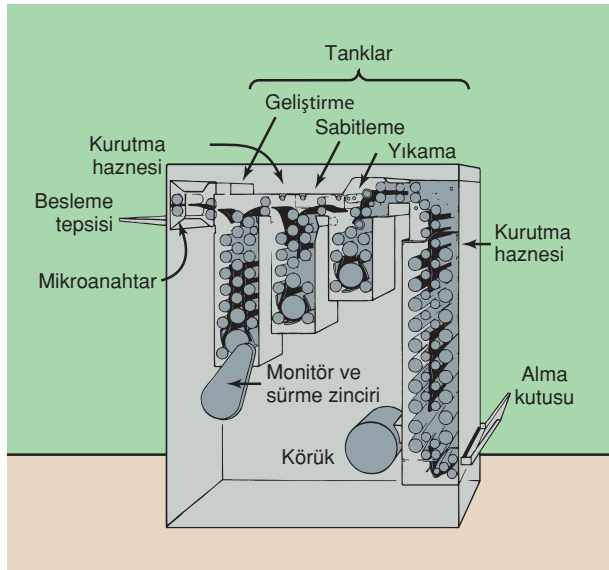
Compton saçılmış x-ışını, görüntüye yararlı bir bilgi vermez. Bir Compton saçılmış x-ışını, görüntü algılayıcısı ile etkileşime girdiğinde, görüntü algılayıcısı, x-ışınının doğrudan x-ışını tüpü hedefinden geldiğini varsayar (Şekil 9-11). Görüntü algılayıcısı, saçılmış x-ışınını hedeften gelen bir düz çizgi etkileşimi olarak algılamaz.

Bu saçılmış x-ışınları, anatomiye temsil etmeyen x-ışınları ile, görüntünün genel matlaşması olan görüntü gürültüsü ile sonuçlanır. Bu tür gürültüyü azaltmak için görüntü algılayıcısına ulaşan saçılmış x-ışını sayısını azaltacak teknikler ve aparatlar kullanıyoruz.

Fotoelektrik etkileşime giren x-ışınları, görüntü algılayıcısına tanısal bilgi sağlar. Görüntü algılayıcısına ulaşmadıkları için, bu x-ışınları yüksek x-ışını emme özelliklerine sahip anatomik yapıları temsil eder; bu tür yapılar

TABLO 12-10 Otomatik Banyonun Temel Bileşenleri

Sistem	Alt sistem	Amaç
Transport	Merdane	Filmin farklı evrelerden kesin aralıklarla taşınmasını sağlar
	Transport rafı	Filmi, merdane ve kılavuz tekerleklerle hareket ettirerek yönünü değiştirir
	Sürücü	Merdaneleri belli bir hızda çevirmek için güç sağlar
Isı		Her evrede ısıyı monitorize eder ve ayarlar
Dolaşım		Sıvıları hareketlendirir
	Geliştirici	Sürekli karıştırır, filtre eder
	Sabitleyici	Sürekli karıştırır
	Yıkama	Tek –geçişli su sabit bir hızla akar
Yenileme	Geliştirici	Ölçer ve yeniler
	Sabitleyici	Ölçer ve yeniler
Kurutma		Nemi uzaklaştırır, kullanılmış havayı dışarı atar

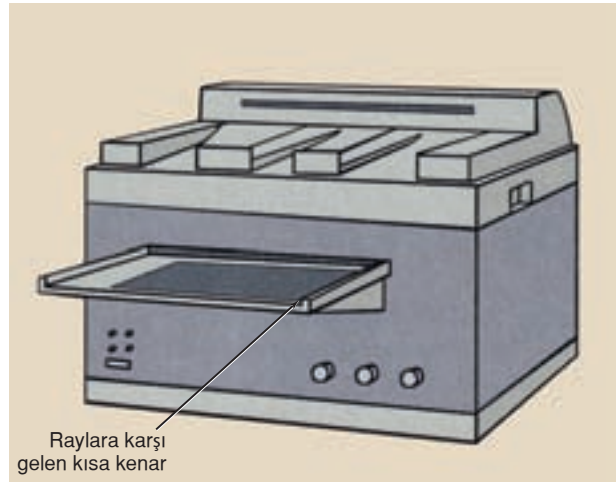
**ŞEKİL 12-31** Otomatik banyo işlemcisinin kesit görüntüsü. Ana bileşenleri üzerinde gösterilmiştir.

ri filmi tutar ve filmin işlemcideki yolculuğu başlar. Bir **mikroanahtar**, işleme kimyasallarının yenilenmesini kontrol etmek amacıyla bağlanmıştır.

Her zaman filmi besleme tepsinin yan raylarından eşit şekilde beslemek ve her seferinde filmde filmde yan tarafı değiştirmek gerekir (Şekil 12-32). Bu da transport sisteminin bölümlerinin eşit şekilde yıpranmasını garanti eder. Giriş merdanelerinden, film merdane ve askılar yoluyla ıslak kimyasal tanklardan ve kurulum bölmesinden geçirilir ve en son teslimat kutusuna bırakılır.



Filmin kısa kenarı her zaman yan raya doğru yerleştirilmelidir, böylece uygun yenilenme oranı sağlanmış olur..

**ŞEKİL 12-32** Besleme tepsinin yan raylarına filmin kısa kenarı gelecek şekilde yerleştirilmeli ve her seferinde film diğer tarafa değiştirilmelidir.

Transport sistemi sadece filmi taşıma işini yapmaz, aynı zamanda her ıslak kimyasal içerisinde filmin ne kadar kalacağını kontrol ederek banyo işlemlerini de kontrol etmiş olur. Banyo işlemlerinde her basamak için zamanlama, her evrede filmin hareket hızı dikkatlice kontrol edilerek sağlanır. Transport sistemi aşağıda takip eden üç ana alt sistemlerden oluşur: **merdaneler, transport rayları ve sürücü motor.**

Transport sisteminde üç tip merdane kullanılır. 1 inch çapta olan **transport merdaneleri**, filmin yol boyunca iletimini sağlar. Çifter çifter birbirinin karşısında dizilmiştir veya birbirlerinin arasında olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 12-33).

Film, banyo işlemcisi içerisinde döneceği zaman, 75 mm (3 inch) çapında bir **ana merdane** kullanılmaktadır (Şekil 12-34). Birkaç tane **seyyar merdane** ve metal ve plastik kılavuz tekerlek, ana merdane etrafında dizilidir.

Besleme tepsindeki giriş merdaneleri dışında, transport sistemindeki çoğu merdane ray birleştirilmesi

BİLGİSAYARLI RADYOGRAFI GÖRÜNTÜ RESEPTÖRÜ

Ekran-film görüntüleme ve CR görüntüleme arasında birçok benzerlik gözlenmektedir. Her iki yöntem de, görüntü reseptörü olarak, koruyucu bir kasete yerleştirilmiş bir x-ışını duyarlı plaka kullanır. İki teknik, herhangi bir x-ışını görüntüleme sistemi ile birbirinin yerine kullanılabilir. Her ikisi de, farklı bir biçimde de olsa, işleme ile görünür hale getirilmesi gereken gizli bir görüntü oluşturur.



Bilgisayarlı radyografi, dijital radyografinin bir şeklidir.

Ancak burada benzerlikler durur. Ekran-film radyografisinde radyografik güçlendirici ekran, bir x-ışını etkileşimine yanıt olarak ışık yayan bir sintilatördür. CR'de, x-ışını etkileşimine verilen tepki, daha yüksek bir enerji ile kararsız durumda tutulmuş elektronlar olarak görülmektedir.

Işıklı Uyarılabilen Lüminesans

Europium içeren baryum fluorohalid (BaFBr: Eu veya BaFI: Eu) gibi bazı malzemeler, bir sintilatörün röntgen ışınlarının maruz kalmasını takiben yaptığı gibi anında bir miktar ışık yayar. Ancak, bir süre sonra farklı bir ışık kaynağına maruz kaldıklarında da ışık yayarlar. Böyle bir işlem ışıklı uyarılabilen lüminesans (PSL) olarak adlandırılır.

Europium (Eu) sadece çok küçük miktarlarda bulunur. Bir aktivatördür ve PSL'nin depolama özelliğinden sorumludur. Aktivatör, bir film emülsiyonunun hassasiyet merkezine benzer, çünkü onsuz gizli bir görüntü olmaz.

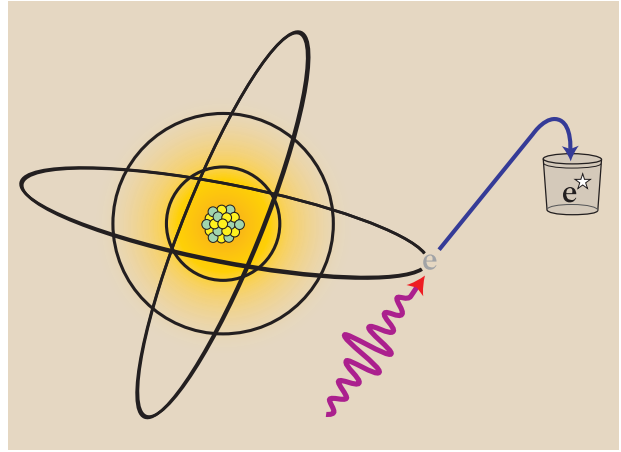


Aynı şekilde fotografik etki tam olarak anlaşılmamış ve araştırılmaya devam edilmiştir, bu yüzden PSL'nin fiziği de tam olarak anlaşılmamıştır.

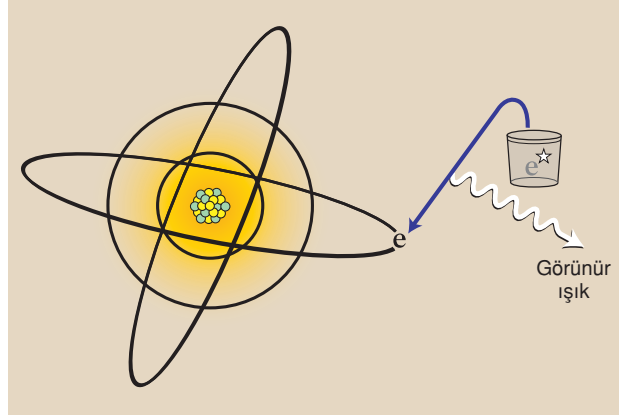
Baryum florobromürün atomları, sırasıyla 37, 5 ve 12 keV K-yörünge elektron bağlama enerjileri ile birlikte sırasıyla 56, 9 ve 35 atom sayılarına sahiptir. Birçok Compton ve fotoelektrik x-ışını etkileşimi dış yörüngedeki elektronlarla meydana gelir ve onları uyarılmış, kararsız bir duruma sokar (Şekil 15-2). Bu elektronlar ilk durumuna geri döndüğünde görünür ışık yayar (Şekil 15-3).

Zamanla, bu kararsız elektronlar tek başlarına ilk durumuna geri döner. Bununla birlikte, ilk duruma olan bu dönüş, fosforun, bir lazerden yoğun kızılötesi ışığa maruz bırakılmasıyla hızlandırılabilir veya uyarılabilir olması nedeniyle ışıklı uyarılabilen fosfordan (PSP) ışıklı uyarılabilen lüminesans terimi kullanılır.

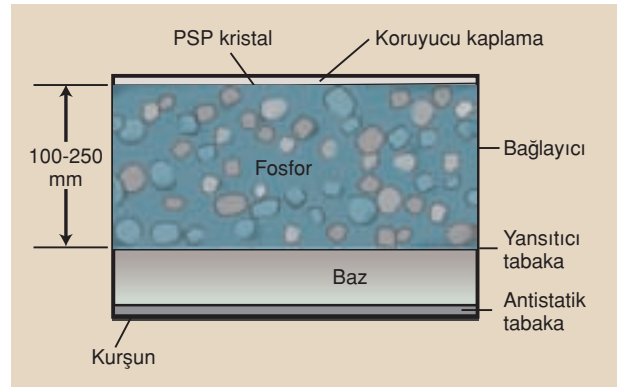
PSP, baryum fluorohalid, Şekil 15-4'te gösterildiği gibi, radyografik bir güçlendirici ekrana benzer şekilde tasarlan-



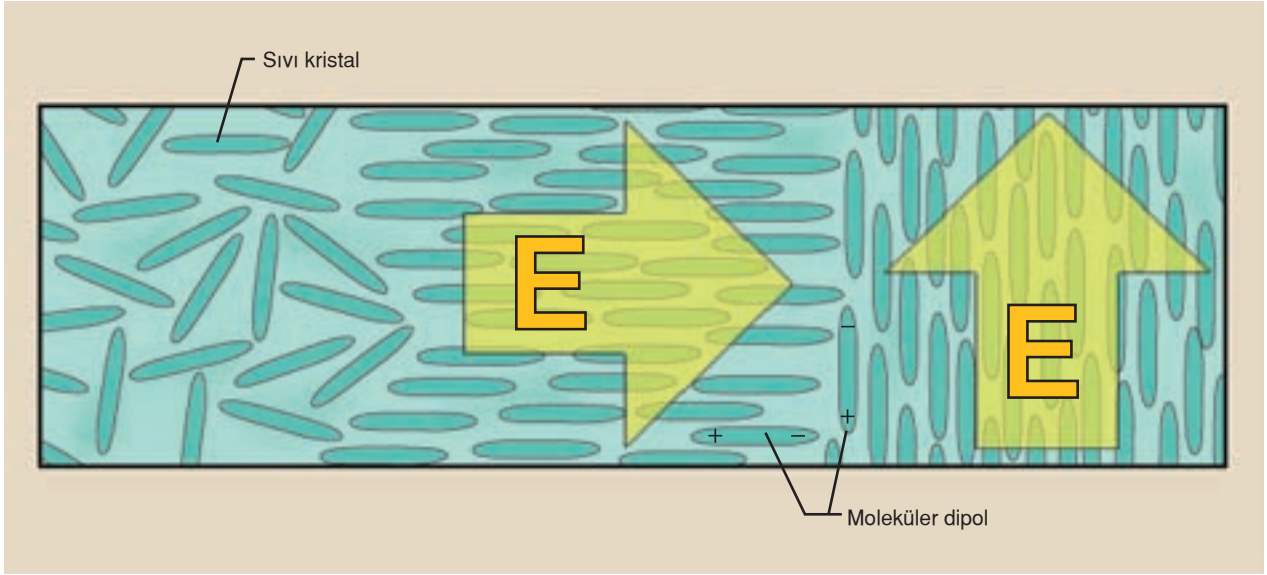
ŞEKİL 15-2 Işıklı uyarılabilen fosforla X-ışını etkileşimi, elektronların kararsız bir duruma uyarılmasıyla sonuçlanır.



ŞEKİL 15-3 Kararsız elektronlar ilk durumuna döndüğünde, görünür ışık yayar.



ŞEKİL 15-4 Bir ışıklı uyarılabilen fosfor (PSP) ekranın kesiti.



ŞEKİL 18-3 Sıvı kristaller doğal halde iken rastgele yönelir ve harici bir elektrik alanının etkisi altında ise yapılandırılır.

ganik moleküllerdir (Şekil 18-3). Sonuç olarak sıvı kristaller harici bir elektrik alanının hareketi ile hizalanabilir.

Ekran Özellikleri

Sıvı kristal ekranlar pikseller halinde dizayn edilmektedir. LCD her pikseli aydınlatan çok yoğun bir beyaz arka ışığa sahiptir. Her piksel, piksel üzerinden iletilen ışığın yoğunluğunu ve rengini kontrol etmek için ışık polarize filtreler ve filimler içerir.

Renkli ve tek renkli LCD'ler arasındaki farklar filtrelerin ve filimlerin tasarımını içerir. Renkli LCD'ler her biri kırmızı-yeşil-mavi filtrelerden birini içeren alt pikseller bulunduran piksellere sahiptir.

Medikal düz panel dijital görüntüleme cihazları tek renkli LCD'lerdir. Şekil 18-4 tek bir pikselin tasarımını ve çalışmasını göstermektedir. Bir **arka ışık**, pikseli aydınlatır ve sıvı kristallerin oryantasyonu tarafından bloke edilir veya iletilir.

Piksel ara maddeler olarak davranan birkaç mikron boyuttaki gömülü yuvarlak cam boncukları tarafından ayrılan iki cam plaka tabakası içerir. Ek olarak, bağlantı sağlayan bus hatları her bir pikseli ince-film transistör (TFT) ile kontrol eder.



Uzaysal çözünürlük, daha yüksek megapiksel dijital ekranlı cihazların kullanımıyla iyileşir.

Medikal düz panel dijital görüntüleme cihazları, LCD'deki piksel sayısı ile tanımlanır.

1 megapiksel ekran, 1000×1000 piksel düzenlemesine sahip olacaktır. Yüksek çözünürlüklü bir monitörde 5 megapiksel ekran veya 2000×2500 piksel düzenlemesi bulunur. Tablo 18-3, popüler medikal düz panel dijital görüntüleme cihazları için matris dizisini belirtmektedir.

Görüntü Lüminansı

LCD çok verimsiz bir cihazdır. Arka ışığın sadece yaklaşık %10'u tek renkli bir ekrandan ve bunun yarısını renkli bir ekrandan iletir. Bu verimsizlik filtrelerdeki ve polarizörlerdeki ışık emilimine kısmen bağlanabilir. Her pikselin büyük bir kısmı TFT ve veri yolu hatları tarafından engellendiğinden verim daha da azalır.

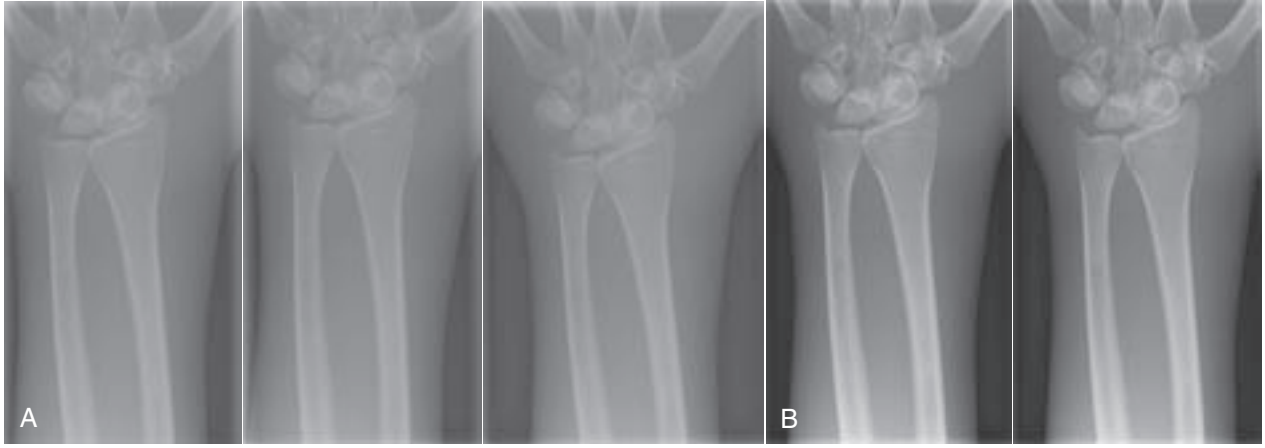
Piksel yüzünün ışığı geçirebilen bölümüne "açıklık oranı" denir. Bir dijital ekran cihazının açıklık oranı bir dijital radyografik dedektördeki "doldurma faktörü" ile aynıdır. %50 ve %80 arası bir açıklık oranı medikal LCD'ler için karakteristiktir.



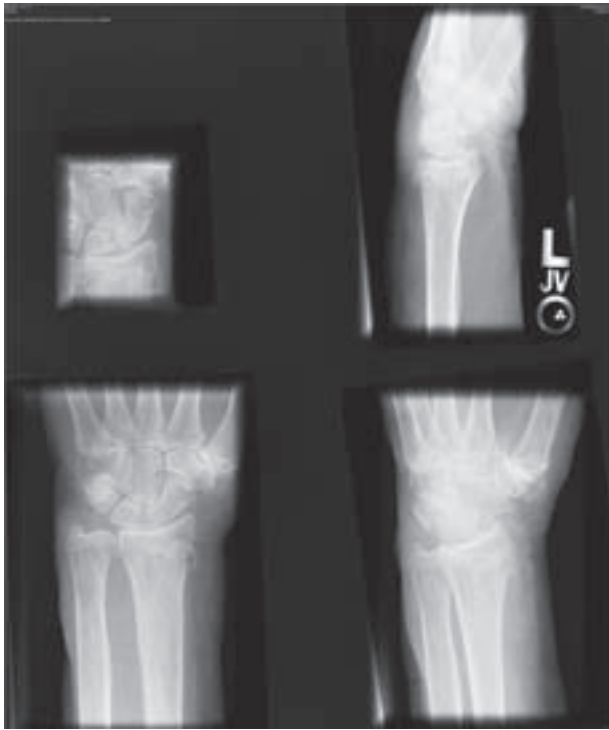
Açıklık oranı, LCD'lerin görüntü parlaklığının bir ölçüsüdür.

Dijital CRT ekranlar ve LCD'ler arasındaki temel farklardan bazıları Tablo 18-4'te gösterilmektedir. LCD ekranların sahip olduğu iyi özellikler nedeniyle dijital radyografide (DR) kullanılan CRT'lerin yerini büyük ölçüde almıştır.

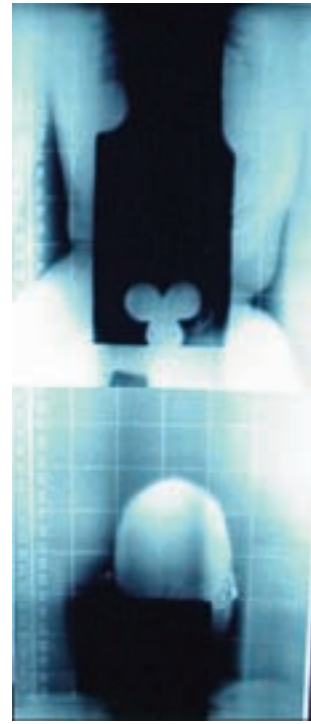
Sıvı kristal ekranlar, CRT'lerden daha iyi gri tonlama tanımına sahiptir. LCD'ler cam yansıtma panelindeki parlama veya yansımalarla sınırlı değildir; böylece daha iyi



ŞEKİL 21-17 Kontrast kaybı, birincideki üçlü diğerindeki ikili ile kıyaslandığında açıktır. (Courtesy Barry Burns[†] nezaketleri ile, University of North Carolina.)



ŞEKİL 21-18 Dört el bilek görüntüsünün tümü aynı sinyal yoğunluğuna sahipse, röntgen uzmanı tekniği uygun şekilde değiştirmiştir. Teknik sağ alt bölgede eğik açı için uygun şekilde ayarlanmamış. (Dennis Bowman nezaketleri ile, Community Hospital of the Monterrey Peninsula.)



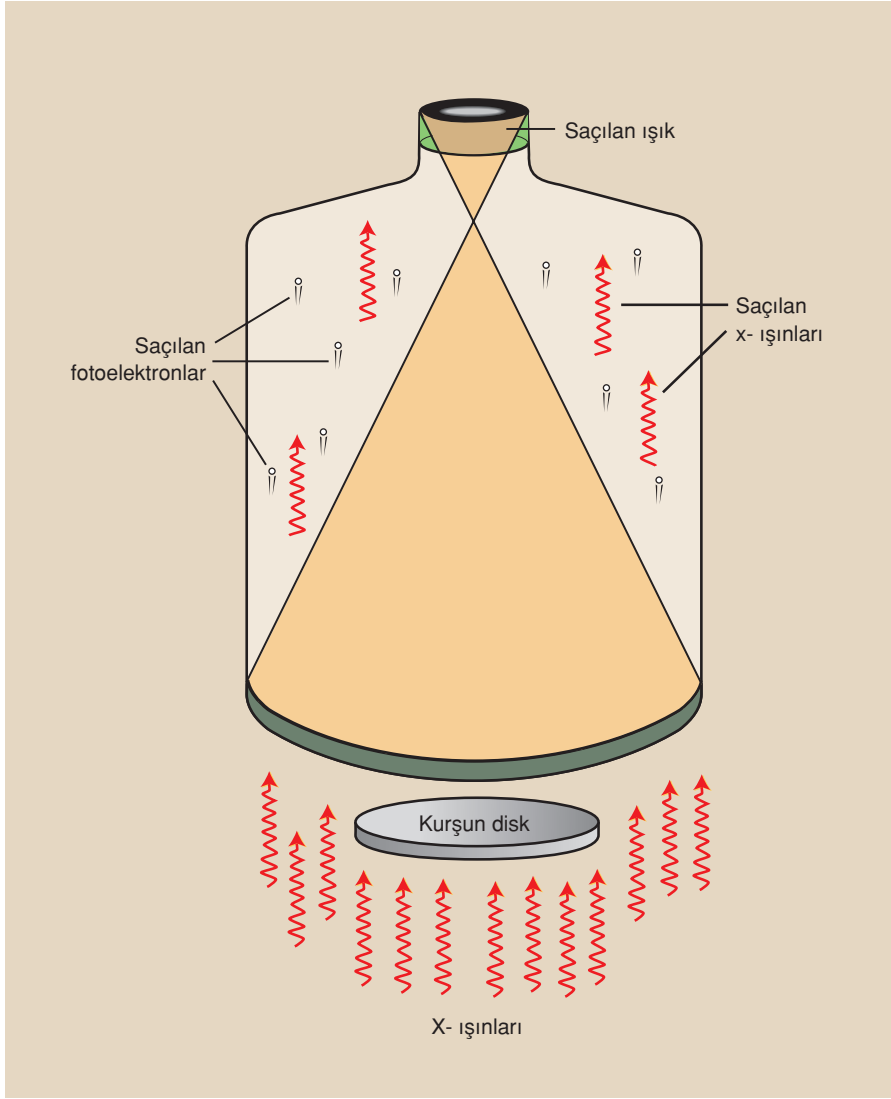
ŞEKİL 21-19 Omurga görüntülemesi için kullanılan iki bilgisayarlı radyografi plakası işleyiciye yanlış sırayla yerleştirilmiş. (Barbara Smith Pruner nezaketleri ile, Portland Community College.)

şekilde hizalanmaması ne anlama gelir? Böyle bir durumu çizin.

5. Dijital radyografik görüntü algılayıcısı için radyasyon cevap eğrisinin görünümü nedir?
6. Hangi dijital görüntüleme yöntemi en büyük görüntü dosyasını oluşturur ve yaklaşık olarak ne kadar büyüktür?
7. Kayıpsız ve kayıplı sıkıştırma arasındaki fark nedir?
8. Tek bir IP üzerinde üç dijital görüntünün uygun olmayan çerçevelerini çizin.

9. Bir dijital radyografide kaç farklı çerçeve görünmelidir?

10. Geri saçılan radyasyon DR'de neden önemlidir?
11. Dijital radyografik görüntü histogramının her bir eksenindeki birimler nelerdir??
12. Fonksiyonunu kaybetmiş pikselleri düzeltmek için ne tür bir algoritma kullanılır?
13. Veri sıkıştırma dijital görüntüler için neden sıklıkla gerekmektedir?



ŞEKİL 25-8 Perde parıltısı, görüntü güçlendirici tüpün kontrastını azaltır.

Spot film kamera 105 mm film kullanır. Sineradyografik kamera ise neredeyse sadece kalp kateterizasyonunda kullanıldı ancak bu kullanımın yerini büyük ölçüde dijital görüntüleme aldı.

X-ışını, elektron ve özellikle ışık şeklindeki iç saçılma radyasyonu, **Perde parıltısı** olarak adlandırılan bir süreçle görüntü güçlendiricinin kontrastını azaltabilir. Giriş fosforunda yerleştirilmiş kurşun diskin arkasında maskeleme parlama sinyali oluşur. Perde parıltısı, Şekil 25-8'de gösterilmektedir. Gelişmiş görüntü güçlendiriciler, perde parıltısı azaltan çıkış fosfor tasarımlarına sahiptir.

Çoklu Alan Görüntü Güçlendiricisi

Görüntü güçlendiricilerin çoğu çoklu alan tipindedir. Çok alanlı görüntü güçlendiriciler, tüm floroskopik incelemelerde büyük ölçüde daha fazla esneklik sağlar. Uçalan tüp-

ler çeşitli boyutlarda olabilir ancak olasılıkla en popüler 25/17/12 cm olandır.

Bu sayısal ölçüler, görüntü güçlendirici tüpün giriş fosforunun çapını belirtir. Tipik bir çok alanlı 25/17/12 tüpün çalışma şekli, Şekil 25-9'da gösterilmektedir. 25 cm modunda, giriş fosforunun tamamındaki fotoelektronlar çıkış fosforuna hızlandırılır.

17 cm moda geçildiğinde elektrostatik odaklama mercekleri üzerindeki voltaj artar; bu da elektron odak noktasının, çıkış fosforundan daha uzağa kaymasına neden olur. Sonuç olarak, yalnızca giriş fosforunun merkezinin 17 cm çapındaki elektronlar çıkış fosforuna ulaşır.



Çok alanlı görüntü güçlendiriciler görüntünün farklı büyütmelerini üretebilirler.

X-ışınlarının zararlı oldukları şüphe gölgesinin ötesinde bir gerçektir. Yeterli derecede güçlü x-ışınları cilt yanıklarına, kataraktlara, kansere, lösemiye ve diğer zararlı etkilere neden olur. Kesin olarak bilinmeyen ise, tanısal seviyelerdeki x-radyasyonu maruziyeti sonrası olan etki seviyesidir.

Tanısal x-ışını uygulamalarından kazanımlar çok büyüktür. Minimal radyasyon maruziyeti ile yüksek kaliteli görüntüler üretmek radyoloji teknologlarının, radyologların, ve tıbbi fizikçilerin görevidir. Bu yaklaşım en yüksek kazanım elde edip hasta ve radyasyon çalışanlarına en düşük risk ile sonuçlanır. Bu, pratikte ALARA – “as low as reasonably achievable” (makul uygulanabilir en düşük) olarak bilinir.

Bu bölüm insan biyolojisinin kavramını incelemekte ve dokuların, organların, ve hücrelerin bilinen radyosensitivitelerini tartışmaktadır.

İNSAN RADYASYON CEVABI

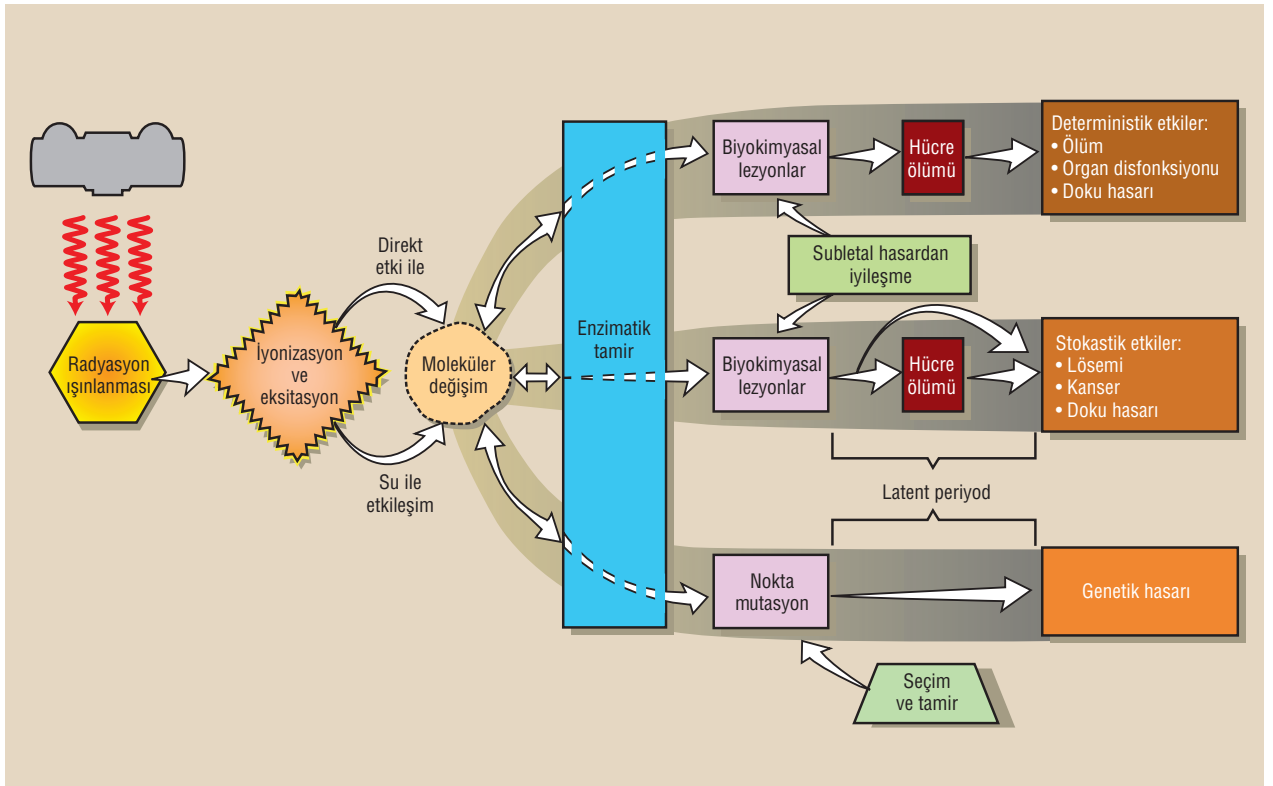
X-ışınlarının insanlara etkisi atomik seviyedeki etkileşimlerin sonucudur (bakınız Bölüm 9). Bu atomik etkileşimler yörünge elektronlarının iyonizasyon veya uyarılma şeklini alıp dokularda enerji birikimiyle sonuçlanır.

Biriken enerji moleküler değişim oluşturabilir, ilgili moleküllerin kritik olması durumunda bu enerji ölçülebilir. Şekil 29-1’de radyasyona maruziyet ve insanda ortaya çıkan hasarın olay dizisi özetlenmiştir.

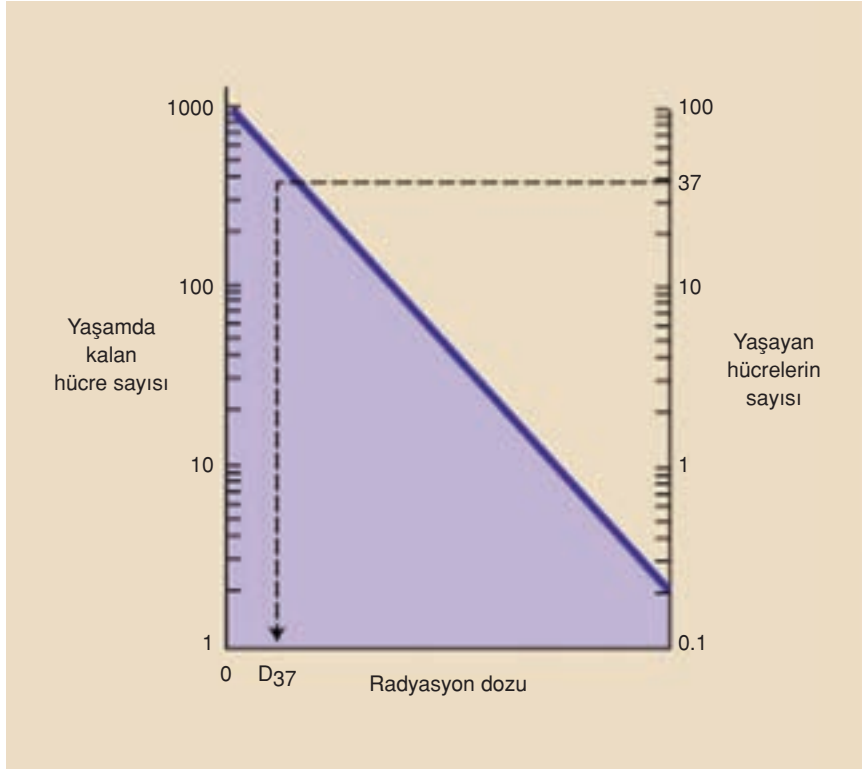
Bir atom iyonize olduğu zaman kimyasal bağlanma özellikleri değişir. Eğer ki o atom büyük bir molekülün parçasıysa, iyonizasyon sonucu olarak molekül parçalanabilir veya molekül içinde atom yer değiştirebilir. Anormal molekül zamanla düzgün çalışmayabilir veya fonksiyonunu tamamen durdurabilir, bu da ciddi bozulmayla veya hücre ölümüyle sonuçlanabilir.



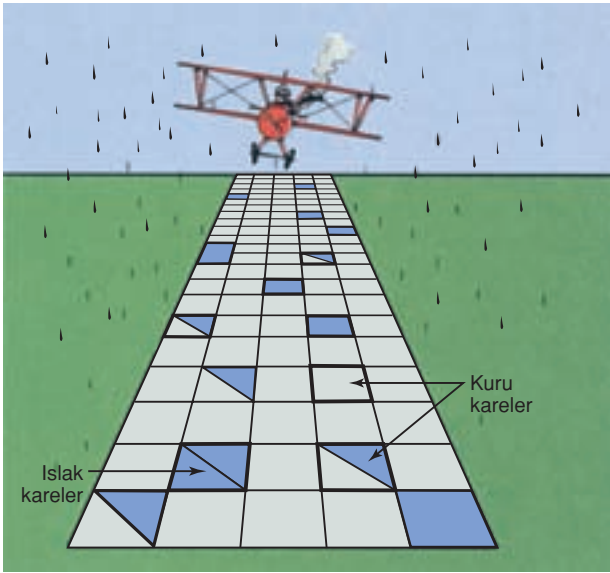
Bu sekanstaki erken aşamada radyasyon hasarını düzeltmek ve iyileşmek mümkündür.



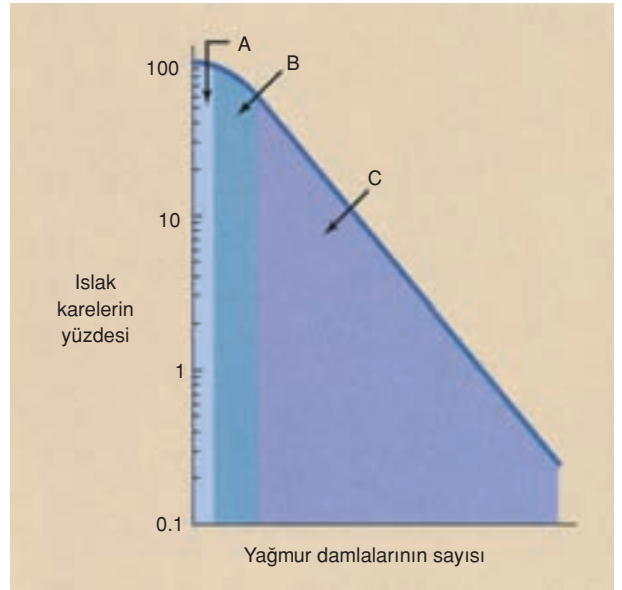
ŞEKİL 29-1 İnsanların radyasyona maruz kaldıktan sonraki olaylar dizisi farklı radyasyon yanıtlarına neden olabilir. Neredeyse her adımda iyileşme ve onarım mekanizmaları vardır.



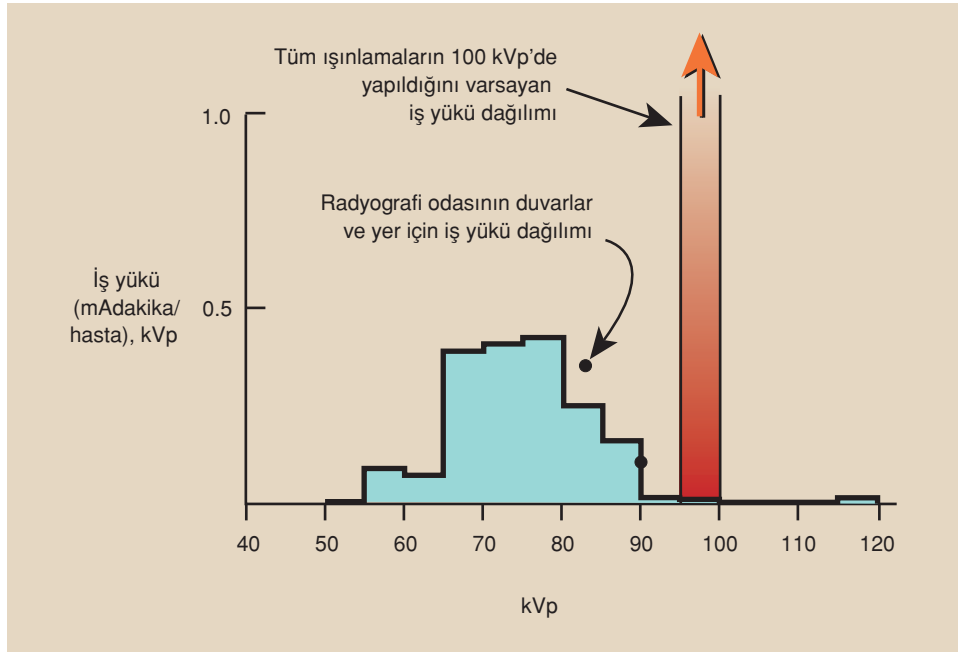
ŞEKİL 32-6 1000 hücrenin ışınlanmasından sonra, doz-cevap ilişkisi üsteldir. D_{37} , %37 sağ kalm ile sonuçlanan dozdur.



ŞEKİL 32-7 Eğer her kaldırım karesinde iki eşit parça varsa, karenin ıslak sayılması için her bir parça vurulmalıdır.



ŞEKİL 32-8 Bir karenin her ikisi de ıslak olarak kabul edilmek üzere vurulması gereken iki eşit parça içerdiğinde, kuru karenin yağmur damlasıyla ilişkisinin üç bölgesi tanımlanabilir.



ŞEKİL 36-5 Klinik yükün iş yükü dağılımı.

TABLO 36-4 Radyasyon Algılama ve Ölçüm Cihazı Özellikleri ve Kullanım Alanları

Cihaz	Özellikleri-Kullanımları
Fotografik emülsiyon	Sınırlı aralık, duyarlı, enerjiye bağlı- personel izleme
İyonizasyon odası	Geniş aralık, doğru, taşınabilir — 10 μGy_a / saat radyasyon seviyesi için araştırma
Oransal sayaç	Laboratuvar aleti, doğru, duyarlı- az miktarda radyonüklid tahlili
Geiger-Muller sayacı	1 mGy_a / saat ile sınırlı, taşınabilir- düşük radyasyon seviyeleri ve radyoaktif kirlenme için araştırma
Termoluminesans dozimetre	Geniş aralık, doğru,duyarlı — personel izleme, sabit, alan izleme
Optik olarak uyarılmış lüminesans dozimetre	Geniş aralıklı, doğru, duyarlı- en yeni personel izleme cihazı
Sintilasyon saptama	Sınırlı aralık, çok duyarlı, sabit veya taşınabilir aletler- foton spektroskopisi

nadiren bu doz limitlerinin 'unu geçecek. Bunu kendiniz doğrulamak için, 1 hafta kVp, mAs ve ışın yönü kayıtlarını tutun.

RADYASYON TESPİTİ VE ÖLÇÜMÜ

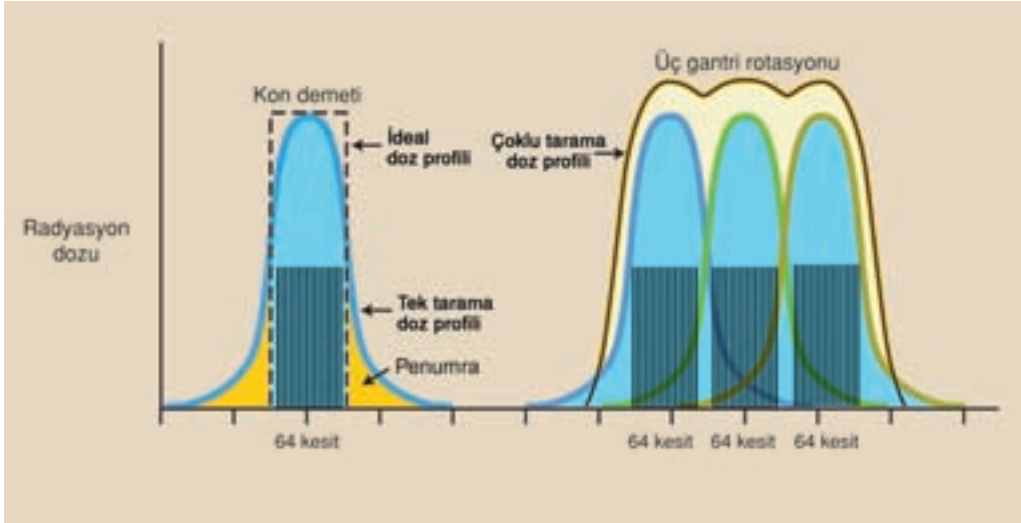
Aletler, radyasyonu tespit etmek veya radyasyonu ölçmek veya her ikisini birden yapmak için tasarlanmıştır. Tespit için tasarlananlar genellikle **titreşim** veya **hız modunda** çalışırlar ve radyasyon varlığını belirtmek için kullanılırlar. Titreşimli modda radyasyonun varlığı, bir tıkırtı, kuşların ötüşü veya bip sesi ile gösterilir. Hız modunda, alet yanıtı genellikle mGy_a/saat (mR / saat) olarak ifade edilir. Radyasyonun yoğunluğunu ölçmek için tasarlanan aletler genellikle entegre edilmiş modda çalışır. Sinyali toplarlar ve toplam işinlama ile cevap verirler (mGy_a veya Gy_a).



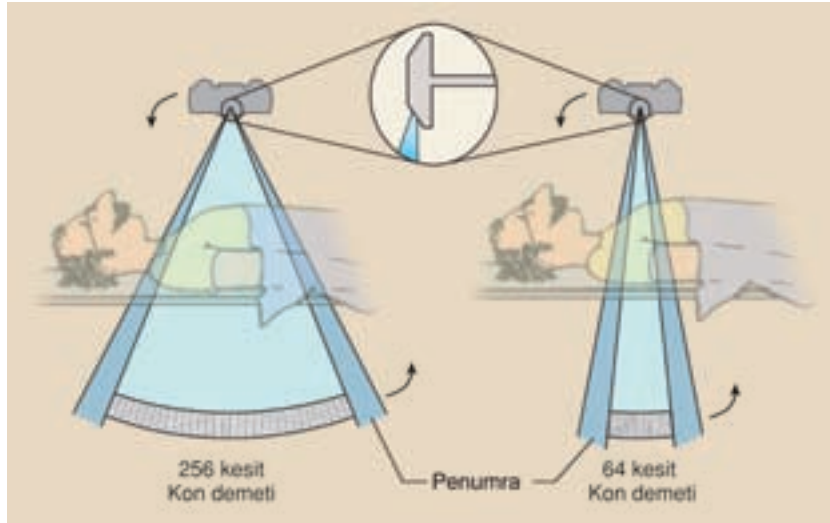
Radyasyon yoğunluğunun ölçüsüne dozimetri, radyasyon ölçüm cihazlarına dozimetreler denir.

En erken radyasyon saptama cihazı fotografik emülsiyondur. Çoğu uygulama için fotografik emülsiyondan daha elverişli özelliklere sahip başka cihazlar geliştirilmiştir. Tablo 36-4, hali hazırda mevcut radyasyon tespit ve ölçüm cihazlarının birçoğunu, bazı temel özellikleri ve kullanımları ile birlikte listelemektedir.

Filmin tanısal radyolojide iki temel uygulaması olduğu açıktır: Radyografi yapımı ve personelin radyasyon izlemesi (film rozeti). Fotoğrafik işlem 12. Bölümde ele alınmıştır. Filmin bir radyasyon monitörü olarak kullanımı Bölüm 40'da ele alınmıştır.



ŞEKİL 38-4 Bas-çek çok kesitli spiral bilgisayarlı tomografide hastanın doz dağılımı karmaşıktır, çünkü x-ışını huzmesinin profili keskinleştirilemez.



ŞEKİL 38-5 Hasta radyasyon dozu, daha yüksek çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile daha düşüktür, çünkü ışın penumbrası görüntülenen anatomi alanı için daha azdır.

caktır, çünkü aynı doku hacmi için daha az penumbra olacaktır (Şekil 38-5). Aynı ışın genişliği, kombine piksel sıralarıyla (Figür 38-6) görüntülendiğinde ek hasta dozu tasarrufu gerçekleşir; çünkü mA, görüntü gürültüsünden ve böylelikle kontrast çözünürlüğünden ödün vermeden azaltılabilir.



Çok kesitlilik değeri ne kadar yüksek olursa, hasta radyasyon dozu o kadar düşük olacaktır.

BT x-ışını huzmesi iyi bir şekilde kollime olduğundan, ışınım alanı tam olarak kontrol edilebilir. Böylece gözler gibi radyosensitif organlar selektif olarak korunabilir.

Kalkanlar, BT'de birincil x-ışını huzmelerinden koruma amacıyla çok az kullanılır. Kalkanlardaki metal yalnızca artefakt üretmekle kalmaz, aynı zamanda x-ışını kaynağının dönme şeması etkinliğini büyük ölçüde azaltır.

Helikal BT sırasında hastanın radyasyon dozunun belirlenmesi, bas-çek BT' deki dozun belirlenmesine göre biraz daha zordur. 1.0 : 1'lik bir aralıkta, hasta radyasyon dozu yaklaşık olarak aynıdır. Daha yüksek bir aralıkta, konvansiyonel BT ile karşılaştırıldığında, doz azalır. Daha düşük bir aralıkta hasta dozu artar.

Bilgisayarlı Tomografi Çıkış Yoğunluğu

Herhangi bir radyografik prosedürde olduğu gibi, hasta radyasyon dozunu birçok faktör etkiler. BT görüntüleme için bir genelleme mümkündür.



ŞEKİL 40-5 Termoluminesans dozimetreler çipler, diskler, çubuklar veya toz halindedir. Bunlar, alan ve çevresel radyasyon ve özellikle mesleki radyasyon izlemi için kullanılır. (Bicron Electronics nezaketleri ile.)



ŞEKİL 40-6 Optik uyarılan lüminesans dozimetreler (Linda Bosy nezaketleri ile, Landaeur, Inc.)

Mesleki Radyasyon Monitörü Nereye Takılmalı

Sağlık fizigindeki birçok tartışma ve araştırma, bir radyoloji teknisyenin mesleki radyasyon monitörünü nereye takması gerektiği konusunda kesin öneriler sunmaya başlamıştır. NCRP'nin resmi yayınlarındaki öneriler, çoğu eyalette yasal düzenlemeler olarak kabul edilmiştir.

Birçok radyoloji teknisyeni, personel monitörlerini önden bel veya göğüs hizasında takar, çünkü rozeti kemer veya gömlek cebi üzerine tutturmak daha rahattır. Teknisyen floroskopik işlemlere dahil değilse, bu monitor konumları kabul edilebilir.



Radyoloji teknisyeni floroskopide çalışırken, mesleki radyasyon monitörü koruyucu önlüğün yakasına yerleştirilmelidir.

Önerilen 50 mSv/yıl (5000 mrem/yıl) doz limiti, etkin dozu ifade eder. Floroskopi sırasında, koruyucu bir önlük giyildiğinde, yaka bölgesindeki maruziyetin, koruyucu

Yeni Çalışan Bildirimi

Bu, radyoloji merkezinin yeni çalışanı _____, gebe olması durumunda karşılıklı sorumluluklarla ilgili bilgilendirildiğini belgelendirmek içindir.

_____ kişisel danışmanlığına ek olarak, okuması için tanısıl radyolojide gebelik ile ilgili birkaç belge verildi.

Ayrıca, bölüm ofisinde okumak için ilaveten aşağıdaki materyaller mevcuttur:
Gebe kaldığımda gebeliğimi bildirmem gerektiğini anlıyorum. Ek koruyucu önlemler alınabilmesi için amirime durumumu bildirmek benim sorumluluğumdur.

Amir

Çalışan

Tarih

ŞEKİL 40-9 Yeni çalışan bildirim formu.

Bunlar elbette tüm radyoloji teknisyenlerinin radyasyon güvenliğini etkiler - sadece gebe teknisyenleri değil.



Personel izlem kayıtlarının gözden geçirilmesi özellikle önemlidir.

Herkesin görmesi için en son radyasyon izlem raporu yayınlamak faydalı bir prosedürdür. Yıl sonu raporu her radyoloji teknisyeni tarafından başlatılmalıdır ve radyoloji direktörü teknisyenlerin yıllık maruziyetlerinin niteliğini ve büyüklüğünü anlamalarını sağlamalıdır.

Böyle bir eğitim sayesinde radyolojik personel mesleki maruziyetlerinin asgari düzeyde olduğunu - genellikle DL'nin %10'undan daha az olduğunu fark edecektir.



ÖNEMİNİ BELİRTİNİZ

Etkin DL, 50 mSv/yıl (5000 mrem/yıl)'dır.

Çevresel arka plan radyasyon yaklaşık 1 mSv/yıl (100 mrem/yıl)'dır.

Mesleki maruziyetler eskisine göre daha sıkı kontrol edilmektedir.

Radyoloji teknisyeni gebeliğini bildirdiğinde radyoloji şefi bir sonraki gerekenleri yapar. Öncelikle, şef radyasyon maruziyeti geçmişini gözden geçirdikten ve uygun olabilecek herhangi bir değişiklik yapmayı düşündükten sonra çalışanı bilgilendirmelidir.



Hiçbir koşulda, fesih veya gebeliğin bir sonucu olarak istemsiz devamsızlık izni oluşmamalıdır.

Büyük ihtimalle, çalışanın önceki radyasyon maruziyeti geçmişine ilişkin bir inceleme, düşük maruziyet profili gösterecektir. Önerildiği gibi yakaya radyasyon monitörü takan ve floroskopide yoğun şekilde çalışanlar, 5 mSv/yıldan (500 mrem/yıl) daha yüksek bir maruziyet alabilirler. Bununla birlikte, bu tür çalışanlar kurşun ön-lüklerle korunurlar, böylece normalde vücudun gövdesine maruziyet 500 µSv'yi (50 mrem/yıl) aşmaz.

Mesleki radyasyon maruziyeti ile ilgili bu bölümde, gebelik sırasında DL'nin 5 mSv (500 mrem) ve 0.5 mSv/ay (50 mrem/ay) olduğunu vurgulamak uygun olacaktır. Ayrıca, bu DL'nin radyoloji teknisyenine değil fetusa ait

Radyoloji Bilimi

Teknolojistler için

Fizik, Biyoloji ve Korunma

Onbirinci Baskı

En iyi tanısal görüntüleri üretebilmek için ana temelleri elde edin!

Teknolojistler için Radyoloji Bilimi: Fizik, Biyoloji ve Korunma sizin becerilerinizi geliştirerek ihtiyacınız olan güvenli ve efektif yüksek kaliteli medikal görüntüleri üretmenizi sağlayacak ASRT ana eğitim programını sıralamakta ve ARRT sertifikasyon sınavı ve klinik uygulamalarda başarı için hazırlamaktadır.

- **YENİ!** Radyografi/Floroskopi Hasta Dozu ve Bilgisayarlı Tomografi Hasta Dozu ile ilgili bölümler sizi en yeni teknoloji konusunda donatacaktır.
- **YENİ!** Ana Hat fizik ve Matematik kısımları size sınavlara hazırlıkta yardımcı olacaktır.
- Radyoloji bilimi başlıklarının genişletilmiş kapasamı, radyoloji fiziği, görüntüleme, radiobioloji, radyasyondan korunma ve daha fazlası.
- Bölüm girişleri, özetleri, nesnel yapılar ve taslaklar size en önemli bilgilerin organize nokta atışı sağlayacaktır.
- Formüller, çeviri tabloları, ve kısaltmalar sık kullanılan bilgilerin kolay erişimi için vurgulanmıştır.
- Penguen kutuları en hayati bölüm bilgilerini tekrar özetlemektedir.
- Bölüm sonu soruları tanımlama egzersizleri, kısa cevaplar, ve hesaplamalar özdeksel gözden geçirmenizi sağlayacaktır.

Orjinali “Radiologic Science for Technologists 11th Edition” olarak yayınlanan bu kitabın Türkçe çevirisi Elsevier sözleşmesi altında yayınlanmaktadır



ISBN 978-975-277-789-7

