

# مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی

## منابع مفید برای یادگیری مکانیک کوانتومی

حسین شناور

گروه فیزیک، دانشکده علوم



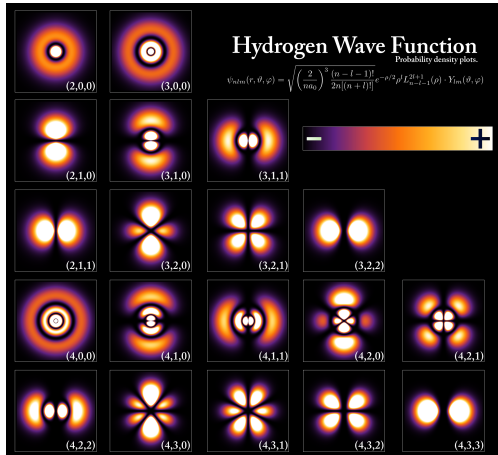
دانشگاه هرمزگان



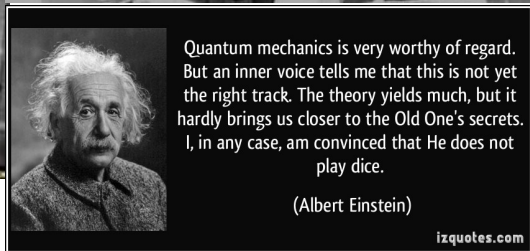
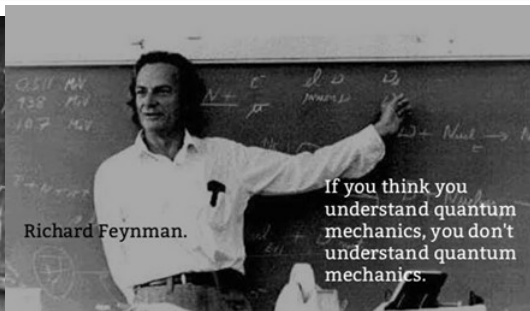
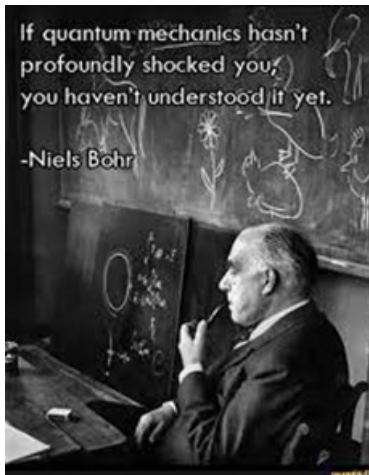
- ۱ منابع مفید برای یادگیری مکانیک کوانتومی
- طرح درس مکانیک کوانتومی
- منابع مفید برای یادگیری مکانیک کوانتومی

## دنیای کوانتوم و فیزیک ذرات زیر اتمی

- مکانیک کوانتومی شاخه ای از فیزیک است که به بررسی دقیق مولکول ها، اتم ها و ذرات زیر اتمی می پردازد. مهم ترین ویژگی های این نظریه عبارتند از کوانتش انرژی و برخی کمیت های دیگر، دوگانگی موجی-ذره ای، اصل عدم قطعیت، ناموضعیّت و روش ویژه اندازه گیری است.



## چالش برانگیزترین بخش فیزیک



## طرح درس مکانیک کوانتومی

”مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی” یک بخش از مجموعه ای بزرگتر با عنوان ”مفاهیم مکانیک کوانتومی و کاربردها” است که شامل بخش های زیر است:

۱. فیزیک سیستم های کوانتومی و خاستگاه نظریه کوانتوم

۲. ابزار ریاضیاتی برای مکانیک کوانتومی

۳. اصول موضوعه مکانیک کوانتومی

۴. تحول سیستم های کوانتومی

۵. سیستم های یک بعدی در مکانیک کوانتومی

۶. نوسانگر هارمونیک در مکانیک کوانتومی

۷. تکانه زاویه ای در مکانیک کوانتومی

۸. سیستم های کوانتومی دو ترازه

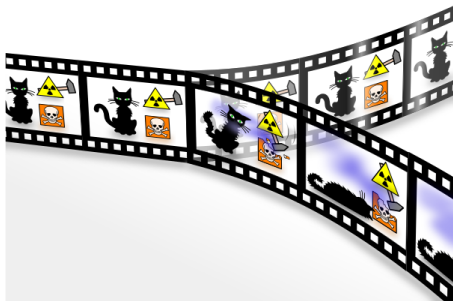
۹. سیستم های سه بعدی در مکانیک کوانتومی

۱۰. اتم هیدروژن

۱۱. مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی

۱۲. جمع اندازه حرکت های زاویه ای و اسپینی

۱۳. ذرات یکسان و آمار کوانتومی



## طرح درس مکانیک کوانتومی

”مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی” یک بخش از مجموعه ای بزرگتر با عنوان ”مفاهیم مکانیک کوانتومی و کاربردها” است که شامل بخش های زیر است:

روش های تقریبی و نظریه اختلال در مکانیک کوانتومی

حالت های همدموس در مکانیک کوانتومی

ماتریس چگالی

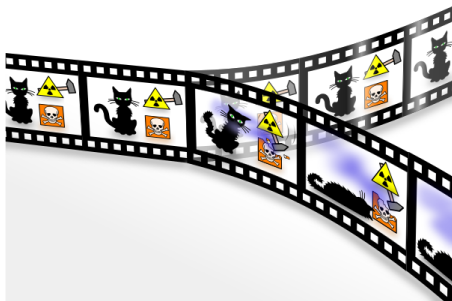
نظریه پراکندگی در مکانیک کوانتومی

تقارن سیستم ها در مکانیک کوانتومی

کوانتوم نسبیتی

کوانتش ثانویه

مسائل مفهومی در مکانیک کوانتومی

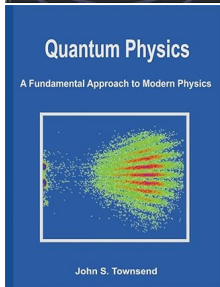
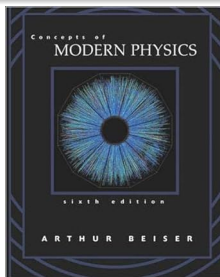


این بخش ها برای پوشش دادن درس مکانیک کوانتومی کارشناسی، مکانیک کوانتومی پیشرفته در دوره کارشناسی ارشد و مکانیک کوانتومی نسبیتی طراحی شده اند.

## انواع کتاب های کوانتوم

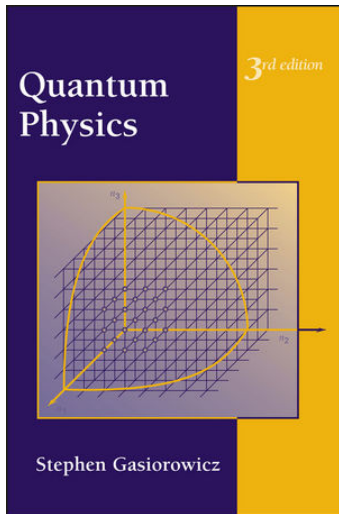
۱. کتاب های کوانتوم را، با توجه به هدف آنها، می توان به چند زیر دسته تقسیم بندی کرد.
۲. فیزیک کوانتوم ( Quantum Physics ): اینها کتاب های هستند که با کمترین مقدار ممکن از ریاضیات، فیزیک سیستم های کوانتومی را به شما آموزش می دهند. برخی از این کتاب ها با نام کلی فیزیک کوانتومی و اکثرا با نام فیزیک مدرن منتشر می شوند.
۳. مکانیک کوانتومی ( Quantum Mechanics ): این کتاب ها اصول نظریه کوانتومی را معرفی کرده و با حجم متناسبی از ریاضیات، ساختار سیستم های ریزمقیاس را توضیح می دهند. بخش مهمی از این کتاب ها به توضیح ریاضیات مورد نیاز در کوانتوم اختصاص دارد.
۴. نظریه کوانتوم ( Quantum Theory ): این کتاب ها بیشتر ساختار ریاضیاتی نظریه کوانتوم را توضیح می دهند و کمتر به کاربردها می پردازند.
۵. مفاهیم کوانتوم: این کتاب ها بر چالش های مفهومی مکانیک کوانتومی و نتایج مهم آنها تمرکز دارند و بازه گسترده ای از بحث های فیزیکی، ریاضیاتی، فلسفی و روش شناختی را در بر می گیرند. مشهورترین کتاب در این زمینه کتاب بوهم است.
۶. نظریه اطلاعات و محاسبات کوانتومی: فرمولبندی این کتاب ها به گونه ای است که شما را برای کتاب ها و مقالات موجود در نظریه اطلاعات و محاسبات کوانتومی آماده می کند.
۷. کوانتوم در شاخه های مختلف فیزیک.
۸. کوانتوم به زبان ساده.

## کتاب های فیزیک کوانتومی



- Read the Quantum Physics chapter in "Physics" by David Halliday, Kenneth S. Krane, and Robert Resnick.
- Read the final chapters of "Physics for Engineers and Scientists" Third Edition, by Ohanian and Markert, NORTON
- Concepts of modern physics, Arthur Beiser, McGraw-Hill
- Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles by Robert Martin Eisberg and Robert Resnick, John Wiley
- Modern Physics for Scientists and Engineers by Andrew F. Rex and Stephen Thornton, Cengage Learning
- Quantum Physics: A Fundamental Approach to Modern Physics by John Townsend, University Science Books

## کتاب های مکانیک کوانتومی

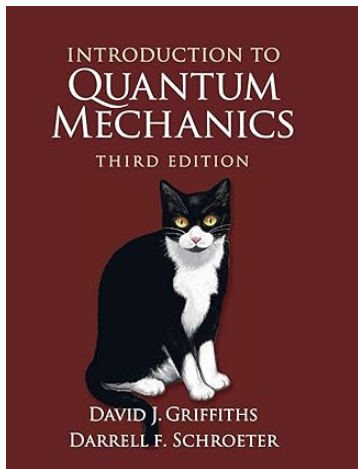


- Quantum physics by Stephen Gasiorowicz, Wiley

این کتاب مطابق با سرفصل های مکانیک کوانتومی دوره کارشناسی فیزیک در ایران است. هرچند، سبک کتاب بیشتر به درسنامه شباهت دارد، ریاضیات نظریه کوانتوم در آن بخوبی پوشش داده نشده و اصول موضوعه کوانتوم در کتاب به صورت پراکنده بحث شده اند. البته اصلی ترین مشکل کتاب این است که تعداد مثال های حل شده آن بسیار کم است. در کل پیشنهاد می کنم در صورتی که کتاب گاسیورویچ (گازیورویچ) منبع اصلی درس شماست، حتما یکی از کتاب هایی که در ادامه می آیند را ( ترجیحا زتیلی و یا گریفیتس ) به عنوان کتاب کمکی داشته باشید.

یکی از بهترین بخش های کتاب کتابنامه آن است. این بخش را حتما ببینید.

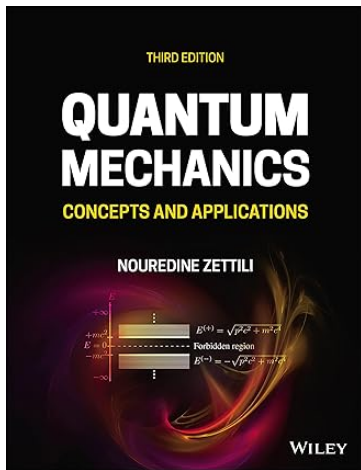
## کتاب های مکانیک کوانتومی



● Introduction to Quantum Mechanics, David J. Griffiths and Oregon, Darrell F. Schroeter, Cambridge University Press

● این کتاب نیز یکی از منابع استاندارد آموزش مکانیک کوانتومی در دوره کارشناسی فیزیک در ایران است. دلایل پیدایش مکانیک کوانتومی، مباحث مفهومی آن و ریاضیات مطلب با جزئیات بسیار خوبی پوشش داده شده است. هرچند، تعداد مثال های حل شده کتاب می تواند بیشتر از حد ارائه شده باشد. وجود یک کتاب کمکی ( و یا کتاب سری شومز کوانتوم ) در کنار این کتاب برای اکثر دانشجویان می تواند مفید باشد تا مثال های حل شده بیشتری در اختیار یاد گیرنده قرار دهد.

## کتاب های مکانیک کوانتومی



● Quantum Mechanics: Concepts and Applications, 3rd Edition, by Nouredine Zettili, Wiley

این کتاب از لحاظ مفهومی، سطح مطالب، پوشش ریاضیات مکانیک کوانتومی و کاربردهای آن مطمئناً جزو بهترین کتب موجود در زمینه مکانیک کوانتومی است. هرچند، نقطه قوت اصلی کتاب مثال های حل شده بسیار زیاد و متنوع آن است. به علاوه، موضوعات ارائه شده و سطح آنها به صورتی است که شما را برای یادگیری کوانتوم پیشرفته ( ساکورایی و شانکار ) آماده می کند. بنابراین اگر به دنبال "یک کتاب" برای یادگیری مکانیک کوانتومی هستید، من کتاب زتیلی را پیشنهاد می کنم.

اگر نیاز به مثال های حل شده و تمرین بیشتر دارید...



# Quantum Mechanics

Second Edition

More than 200 fully solved problems

- Concise explanations of all course concepts
- Information on the Schrödinger equation, angular momentum, spin, the Harmonic oscillator, numerical methods, and scattering theory

## USE WITH THESE COURSES

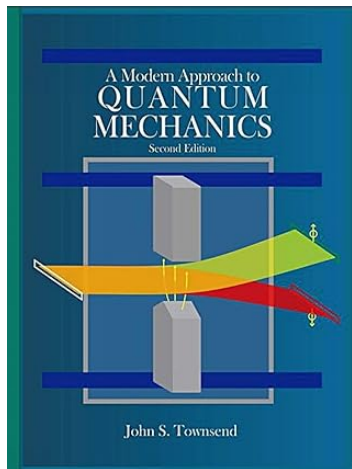
Quantum Mechanics • Introductory Quantum Mechanics  
Quantum Theory I • Quantum Theory II

Yoav Peleg • Reuven Pnini • Elyahu Zaarur • Eugene Hecht

• Schaum's Outline of Quantum Mechanics, Yoav Peleg, Reuven Pnini, Elyahu Zaarur, Eugene Hecht, McGraw Hill

• اگر با وجود کتاب زتیلی همچنان نیاز به مثال های حل شده و تمرین بیشتر دارید، پیشنهاد می کنم کتاب مکانیک کوانتومی از مجموعه سری شومز را ببینید. نمادگذاری این کتاب با کتاب های گاسیوروویچ، گریفیتس و زتیلی همخوانی خوبی دارد و کمبود مثال و تمرین در دو کتاب اول را پوشش می دهد.

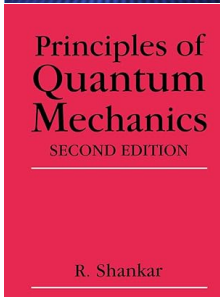
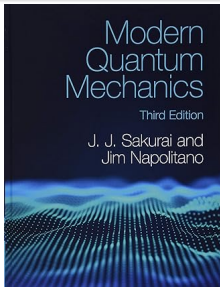
## کتاب های مکانیک کوانتومی



کتاب های دیگری در موضوع مکانیک کوانتومی موجودند که هر یک نقاط قوت خاص خود را دارند. در این بین بهتر است به کتاب های زیر نگاهی بیندازید.

- A Modern Approach to Quantum Mechanics by John S. Townsend, University Science Books
- Quantum Mechanics I, II, III, by Bernard Diu, Claude Cohen-Tannoudji, and Franck Laloe, Wiley

## منابع درسی مکانیک کوانتومی پیشرفته



- **Modern Quantum Mechanics, 3rd Edition, by J. J. Sakurai and Jim Napolitano, Cambridge University Pr.**

- **Principles of Quantum Mechanics by Ramamurti Shankar, Plenum Press**

- کتاب ساکورایی منبع اصلی آموزش مکانیک کوانتومی پیشرفته در دوره های تحصیلات تکمیلی است (توصیه: ویرایش سوم ساکورایی را تهیه کنید). ولی بهتر است در کنار این منبع از کتاب بسیار خوب شانکار هم استفاده کرد. این دو منبع در کنار هم می توانند کاستی های همدیگر را جبران کرده و بسیاری از مفاهیم اساسی و روش ها در مکانیک کوانتومی را پوشش دهند.

## کتاب های پیشرفته تر مکانیک کوانتومی

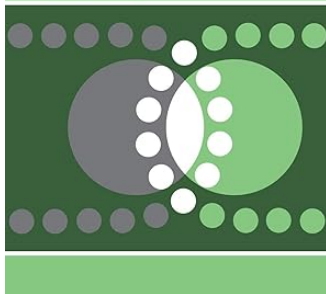
### Quantum Mechanics

(Non-relativistic Theory)

Course of Theoretical Physics  
Volume 3 Third Edition

L. D. Landau and E. M. Lifshitz

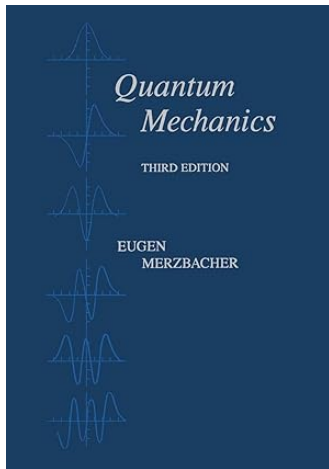
Institute of Physical Problems,  
USSR Academy of Sciences



• کتاب های زیر سطحی بالاتر از حد معمول دارند و برای محققان مناسب هستند.

- Quantum Mechanics: Non-relativistic Theory by Evgeny Lifshitz and Lev Landau, Elsevier
- Lectures on Quantum Mechanics by Gordon Baym, Benjamin 1969

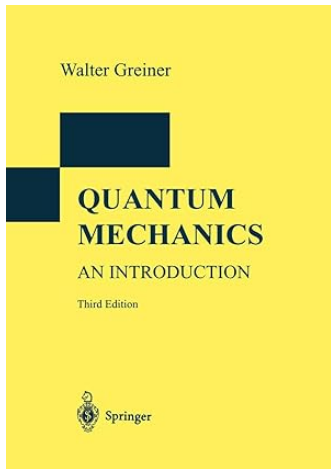
## قدیمی، ولی همچنان طلایی



● کتاب های زیر (به ویژه از لحاظ استایل) قدیمی محسوب می شوند، ولی همچنان مطالب مفید و در خور توجهی دارند.

- Quantum mechanics by Eugen Merzbacher, Wiley
- Quantum Mechanics by Albert Messiah, Dover
- Quantum Mechanics by Bernd Crasemann and John L. Powell, Addison-Wesley
- Quantum mechanics by Leonard I. Schiff, McGraw-Hill

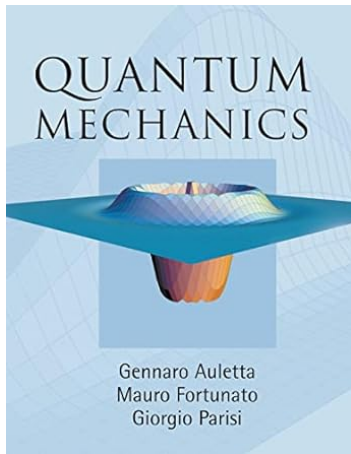
## کتاب های کوانتوم در دوره فیزیک نظری گراینر



دوره فیزیک نظری گراینر شامل چندین کتاب در زمینه کوانتوم و نظریه های پیشرفته تر است. این دوره از لحاظ ریاضیات روان، تعداد زیاد مثال ها و نگاه متفاوت به موضوعات (مکتب آلمانی در فیزیک نظری) اهمیت بسیاری دارد.

- Quantum Mechanics: An introduction by W. Greiner; D.A. Bromley (2000), Springer
- Quantum Mechanics: Special chapters by Greiner, Springer
- Quantum Mechanics: Symmetries by W. Greiner; B. Müller; D.A. Bromley, Springer
- Relativistic Quantum Mechanics by W. Greiner; D. A. Bromley, Springer
- Field Quantization by W. Greiner; J. Reinhardt, Springer

## چند کتاب نسبتاً جدید و بسیار خوب



● اخیراً آلتا و همکارانش چند کتاب بسیار خوب در زمینه مکانیک کوانتومی ارائه کرده اند. در این کتاب ها روش ماتریس چگالی با جزییات فراوان بحث شده و تصویرهای مختلف در مکانیک کوانتومی ارائه شده اند.

- Quantum Mechanics by Gennaro Auletta, Mauro Fortunato, Giorgio Parisi, Cambridge University Press
- Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics by Gennaro Auletta, Giorgio Parisi, World Scientific
- Quantum Mechanics for Thinkers by Gennaro Auletta, Shang-Yung Wang, Pan Stanford

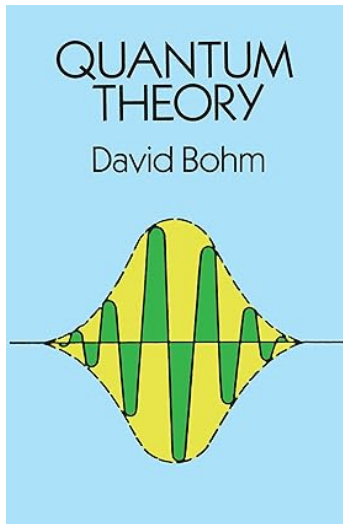
## یادگیری مفاهیم مکانیک کوانتومی از استاد فن



دوره سه جلدی سخنرانی‌های فاینمن بخاطر دیدگاه مفهومی و شهودی نویسنده مشهور است. جلد سوم این مجموعه به مکانیک کوانتومی اختصاص دارد. این کتاب برای شروع درس مکانیک کوانتومی چندان مناسب نیست؛ ولی برای بازبینی مفهومی موضوع و به ویژه برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران توصیه می‌شود.

● The Feynman Lectures on Physics, Volume I, II, III, by Richard Feynman, Robert B. Leighton and Matthew Sands; Basic Books, New Millennium ed.

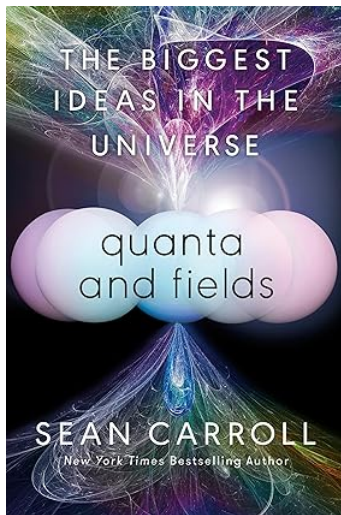
## بهترین کتاب در نظریه کوانتومی



کتاب دیوید بوهم احتمالاً بهترین کتاب در نظریه کوانتومی است. در اهمیت این کتاب همین نکته کافی است که نظریه مکانیک بوهمی (که تئوری دو بروی-بوهم یا تفسیر بوهمی یا تفسیر علی هم نامیده می شود) از دل پژوهش های مربوط به این کتاب بیرون آمده است. برای کسانی که به مسائل فلسفی و مفهومی پیرامون نظریه کوانتومی علاقمند هستند، مطالعه این کتاب توصیه می شود.

● Quantum Theory by David Bohm,  
Dover Publications

## مفاهیم کوانتومی به زبان ساده



● کتاب کوانتا و میدان به زبان بسیار ساده مفاهیم بغرنج مکانیک کوانتومی و نظریه میدان را توضیح می دهد. شان کرول استاد بیان مطالب پیچیده به زبان ساده است.

- Quanta and Fields: The Biggest Ideas in the Universe, by Sean Carroll, Dutton
- The Strange World of Quantum Mechanics by Daniel F. Styer, Cambridge University Press
- Six Ideas that Shaped Physics by Mr Thomas A. Moore, McGraw Hill
- Quantum Physics: What Everyone Needs to Know by Michael G. Raymer, Oxford University Press

## درسنامه های تصویری برای یادگیری کوانتوم

تعدادی درسنامه های تصویری مکانیک کوانتومی به زبان فارسی را می توانید به صورت رایگان از نت دریافت کنید.

آموزش رایگان مکانیک کوانتوم پیشرفته ۱ و ۲، حمیدرضا مشفق از دانشگاه تهران در مکتب خونه.

The screenshot shows the course page for 'آموزش رایگان مکانیک کوانتوم پیشرفته ۱' on the Mکتب خونه platform. The course is taught by Amirhossein Moshaghghi. The page features a detailed description of the course, a list of topics (محتوای دوره), and a grid of video thumbnails illustrating various quantum mechanics concepts. The thumbnails include wave functions, probability distributions, and quantum states.

مکانیک کوانتیک ۱، سامان مقیمی عراقی، شریف.

<https://ocw.sharif.ir/course/id/69>

مکانیک کوانتیک ۲، سامان مقیمی عراقی، شریف.

<https://ocw.sharif.ir/course/id/68>

مکانیک کوانتیک ۲، وحید کریمی پور، شریف.

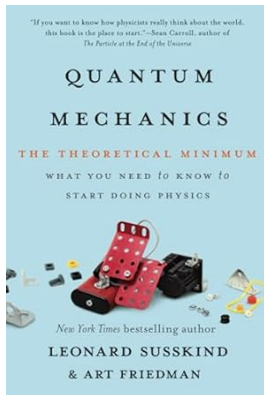
<https://ocw.sharif.ir/course/id/77>

اصول فلسفی مکانیک کوانتوم، مهدی گلشنی، شریف.

<https://ocw.sharif.ir/course/id/90>

## درسنامه های تصویری برای یادگیری کوانتوم

● بهترین درسنامه های تصویری مکانیک کوانتومی به زبان انگلیسی نیز به شرح زیرند:



- Quantum Physics I by Adams, Evans and Zwiebach,  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2013/>
- Quantum Physics I by Barton Zwiebach  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/>
- Quantum Physics II by Barton Zwiebach  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-05-quantum-physics-ii-fall-2013/>
- Quantum Physics III by Barton Zwiebach  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-06-quantum-physics-iii-spring-2018/>
- Leonard Susskind's Quantum Mechanics, from Theoretical Minimum, Find in YouTube

## درسنامه های تصویری اطلاعات کوانتومی

تعدادی درسنامه های تصویری در زمینه اطلاعات کوانتومی نیز اکنون در دسترس هستند:

❶ Quantum Information Science I

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.370.1x+1T2018/about>

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.370.2x+1T2018/about>

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.370.3x+1T2018/about>

❷ Quantum Information Science II

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.371.1x+2T2018/about>

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.371.2x+2T2018/about>

<https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+8.371.3x+2T2018/about>

## Professor M does Science

از امکانات آموزش آنلاین، به ویژه در یوتیوب، استفاده کنید. در این بین مخصوصا کانال زیر را ببینید.



### Professor M does Science

@ProfessorMdoesScience · 26K subscribers · 95 videos

Hello, science enthusiast! ...more

[professorm.learnworlds.com](https://professorm.learnworlds.com) and 1 more link

Subscribed

Home Videos Playlists Community

#### For You



Hydrogen atom: eigenvalues and eigenfunctions

10K views · 2 years ago



Orbital angular momentum eigenfunctions

12K views · 3 years ago



3D isotropic quantum harmonic oscillator: power series solution

7.8K views · 2 years ago

# نکات مهم این درس

نکات مفهومی مهم درس در انتها به صورت پرسش مطرح می شوند.

فراموش نکنیم که بهترین راه برای درک و ”درونی سازی“ مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید دانسته های خود را با حل سوالات محک زده و تقویت کنید. این مساله ها در انتهای هر درس ارائه می شوند.



## مبحث بعدی: آزمایش اشترن-گرلاخ و نتایج آن

آزمایش اشترن-گرلاخ در سال ۱۹۲۲ در فرانکفورت انجام شد. این آزمایش احتمالا یکی از بهترین روش ها برای درک ذات غیرعادی سیستم های کوانتومی است. به کمک این آزمایش می توان موارد زیر را تا حدودی درک کرد:

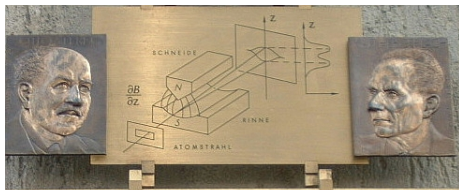
۱ وجود تکانه زاویه ای ذاتی ذرات ( اسپین ).

۲ کوانتش اسپین.

۳ رمبش تابع موج و روش اندازه گیری.

۴ اصل عدم قطعیت.

۵ برهمنهی کوانتومی.



IM FEBRUAR 1922 WURDE IN DIESEM GEBÄUDE DES  
PHYSIKALISCHEN VEREINS, FRANKFURT AM MAIN,  
VON OTTO STERN UND WALTHER GERLACH DIE  
FUNDAMENTALE ENTDECKUNG DER RAUMQUANTISIERUNG  
DER MAGNETISCHEN MOMENTE IN ATOMEN GEMACHT.  
AUF DEM STERN-GERLACH-EXPERIMENT BERUHEN WICHTIGE  
PHYSIKALISCH-TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN DES 20. JHDS.,  
WIE KERNSPINRESONANZMETHODE, ATOMUHR ODER LASER.  
OTTO STERN WURDE 1943 FÜR DIESE ENTDECKUNG  
DER NOBELPREIS VERLIEHEN.

آشترن و گرلاخ در ابتدا به دنبال آشکارسازی

دوران الکترون ها به دور هسته ( یعنی  $\vec{L}$  )

بودند؛ ولی آنها اسپین ( یعنی  $\vec{S}$  ) را یافتند!

## منابع

- ❶ Modern Quantum Mechanics, 3rd Edition, by J. J. Sakurai and Jim Napolitano, Cambridge University Pr.
- ❷ Principles of Quantum Mechanics by Ramamurti Shankar, Plenum Press
- ❸ Quantum Mechanics: Concepts and Applications, 2nd Edition by Nouredine Zettili
- ❹ Introduction to Quantum Mechanics by David J. Griffiths
- ❺ Quantum Mechanics: An Introduction by Walter Greiner
- ❻ Quantum Physics I by Prof. Barton Zwiebach, MIT OpenCourseWare  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/>
- ❼ Quantum Physics II by Prof. Barton Zwiebach, MIT OpenCourseWare  
<https://ocw.mit.edu/courses/8-06-quantum-physics-iii-spring-2018/>
- ❽ Professor M does Science,  
<https://www.youtube.com/@ProfessorMdoesScience>

با سپاس از توجه شما

