

فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

مقدمه ای بر فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

حسین شناور

گروه فیزیک، دانشکده علوم



دانشگاه هرمزگان

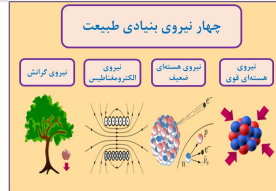
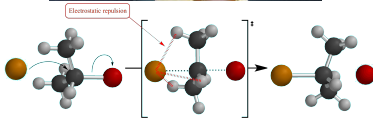
- این مجموعه درس در ایام همه گیری کرونا در بهار و تابستان سال ۱۳۹۹ و با سرعتی بیش از حد معمول تهیه شده است؛ بنابراین، امکان وجود اشتباهات در این ارائه وجود دارد.
- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:

h.shenavar@gmail.com

مقدمه ای بر فیزیک الکتریسته و مغناطیس

- الکترومغناطیس ما را احاطه کرده است
ساختار اصل موضوعی نظریه های ریاضی و فیزیک
بار الکتریکی و واحد آن

بیشتر پدیده های طبیعت جلوه هایی از نیروی الکترومغناطیسی هستند.

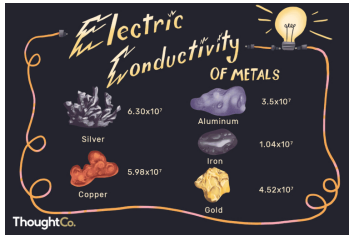


رادیو تلسکوپ های آتاکاما

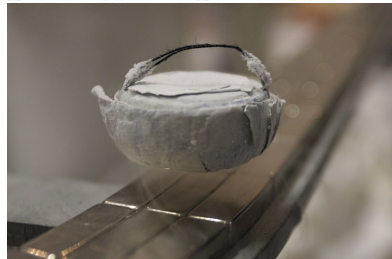
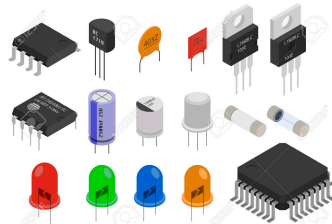
به جز پدیده های گرانشی، تمام پدیده های روزمره شامل برهمکنش های الکترومغناطیسی هستند.

شکل ها از ویکی پدیا

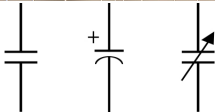
مواد مختلف رسانندگی های الکتریکی متفاوتی از خود نشان می دهند.



شکل ها از نت.

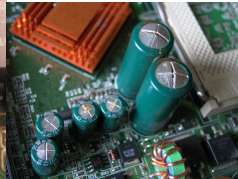
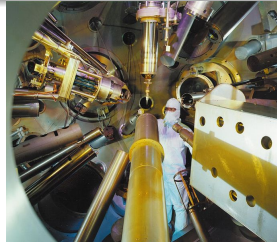


شناخت قطعات الکترونیکی

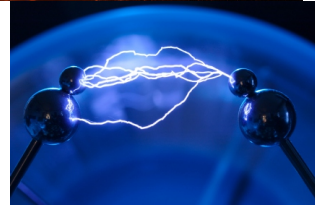
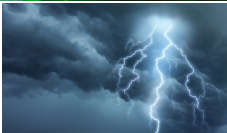


Fixed capacitor Polarized capacitor Variable capacitor

شکل ها از ویکی پدیا .

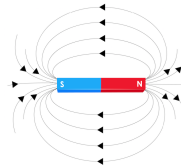
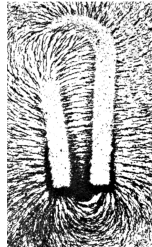
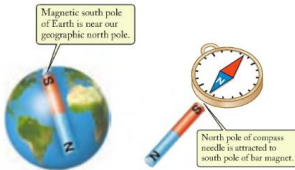


شناخت انرژی الکتریکی



شکل ها از نت .

پدیده های مغناطیسی اطراف ما



یادآوری نظریه های اصل موضوعی

درس فیزیک الکتریسته و مغناطیس به روش اصل موضوعی ارائه خواهد شد.

هندس اولین علمی است که به صورت اصل موضوعی نوشته شده است.

اقلیدس، در کتاب اصول خود، برای اولین بار از ساختار اصل موضوعی استفاده کرده است. این ساختار شامل چهار قسمت است:

تعریف نشده ها و تعریف شده ها؛ مثل نقطه، خط، مربع، دایره ...

اصول موضوعه؛ مثل اصل اول اقلیدس: از هر ۲ نقطه فقط ۱ پاره خط می‌گذرد. و یا اصل پنجم اقلیدس: اصل پنجم - از یک نقطه خارج یک خط، یک خط و تنها یک خط می توان موازی با خط مفروض رسم کرد.

در ریاضیات فرض می شود که اصول موضوعه درست هستند؛ به عبارت دیگر، این اصول اثبات نمی شوند.

قوانین منطق؛ برای استنتاج صحیح نتایج.

قضایا: مثل قضیه فیثاغورس، قضیه نامساوی مثلث و ...



شکل ها از ویکی پدیا.

فیزیک به عنوان یک علم اصل موضوعی



وایلی و هیلبرت. ویکی
پدیا.

● مساله بازنویسی اصل موضوعی شاخه های مختلف فیزیک، و در نهایت کل فیزیک، یکی از جالب ترین مسائل مطرح شده در ریاضی-فیزیک است و به مساله ششم هیلبرت مشهور است.

● تاکنون تلاش های زیادی در این زمینه انجام شده و موفقیت های زیادی نیز حاصل شده است. ولی، همچنان بازنویسی اصل موضوعی فیزیک مدرن (مکانیک کوانتومی و نسبیت) مباحث چالش برانگیزی محسوب می شوند.

● ساختار اصل موضوعی نظریات فیزیک معمولاً به صورت زیر بیان می شود. تجربه و آزمایش در اینجا اهمیت بنیادین دارند.

● تعریف نشده ها و تعریف شده ها؛ مثل جرم، بار الکتریکی، سرعت، نیرو، شتاب، میدان های الکتریکی و مغناطیسی و ...
در فیزیک، برخلاف ریاضی، تعریف شده ها و تعریف نشده ها کاملاً بر اساس تجربه بیان و اندازه گیری می شوند.

● اصول موضوعه؛ مثل سه قوانین حرکت نیوتن (قوانین اول تا سوم)، قوانین نیرو (قانون گرانش نیوتن، قانون هوک)، قوانین الکترومغناطیس ماکسول، اصل برهمهنگی و ...

در فیزیک، برخلاف ریاضی، اصول موضوعه کاملاً بر اساس تجربه بیان می شوند و ساختار اصل موضوعی که با تجربه در توافق نباشد، قابل قبول نیست.

● نتایج: با استفاده از اصول موضوعه و روش های ریاضیاتی، می توان پدیده های طبیعی را پیش بینی و توجیه کرد.

قوانین ماکسول به عنوان اصول موضوعه الکترومغناطیس

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Gauss's law

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Gauss's law in magnetism

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faraday's law

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Ampère–Maxwell law

● معادلات بالا به ”قوانین ماکسول” مشهور هستند (هرچند افراد بسیاری در کشف و فهم آنها سهم بوده اند). لطفاً از شکل آنها وحشت نکنید! مفهوم تک تک این علامت ها و نمادگذاری ها، به کمک مثال های بسیار در متن درس، روشن خواهد شد.

● این معادلات، قسمت اصلی اصول موضوعه علم الکترومغناطیس را تشکیل می دهند. تقریباً تمام تلاش ما در درس حاضر صرف فهم این معادلات، و فیزیک آنها، خواهد شد.

● هر جا این معادلات را دیدید، گوش به زنگ باشید!

معادلات ماکسول



شکل ها از ویکی .

تمام دستگاه های الکتریکی، بدون استثنا، بر اساس بررسی دقیق معادلات ماکسول ساخته شده اند.

مهندسی انگلیسی به نام هویساید، با ابداع فرمولبندی برداری و دیگر نوآوری های ریاضی، توانست اهمیت این معادلات را به جامعه علمی بشناساند.

مهندسی ایتالیایی به نام مارکونی توانست با استفاده از این معادلات اولین سیگنال رادیویی را ارسال و دریافت کند.

علاوه بر کاربردهای بیشمار علمی و فنی، اهمیت معادلات ماکسول در اینجاست که این دسته معادله اولین و بزرگترین "قوانین وحدت" در فیزیک را به دست می دهند.

پیش از این قوانین، مباحث الکتریسته، مغناطیس و نور کاملاً مجزا محسوب می شدند. ولی، ماکسول نشان داد که همه این پدیده ها را می توان با استفاده از چهار معادله بالا توصیف کرد.

ماکسول توانست نشان دهد که نور یک موج الکترومغناطیسی است و سرعت نور با استفاده از رابطه

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

به دست می آید.

کولن به عنوان بار الکتریکی

بار الکتریکی، که معمولاً با علامت q نمایش داده می شود، یک کمیت اسکالر است و می تواند مثبت و یا منفی باشد.

بار الکتریکی در واحد کولن C سنجیده می شود. کولن واحد بسیار بزرگی است و ما معمولاً از کمیت های ریزتر مانند $\mu C = 10^{-6} C$ و $nC = 10^{-9} C$ استفاده می کنیم.

بار الکتریکی را نمی توان بر حسب واحد های پیش تعریف شده (مثل متر، ثانیه و کیلوگرم) تعریف کرد.

یک راه برای مشخص کردن واحد بار الکتریکی، این است که نیروی بین دو بار الکتریکی را اندازه گرفته و کولن را مستقیماً معرفی کنیم. ولی چنین اندازه گیری در عمل سخت بوده و دقت چندانی نخواهد داشت. بنابراین می توان کمیت دیگری مثل جریان الکتریکی (برحسب آمپر)، که با دقت بسیار اندازه گیری می شود، را وارد کرده و کولن را بر اساس آن تعریف کرد.

در سیستم جدید SI ، آمپر یک واحد پایه است و کولن بر اساس آن تعریف می شود. واحدهای پایه سیستم بین المللی یکاها SI را در شکل مقابل می بینید.

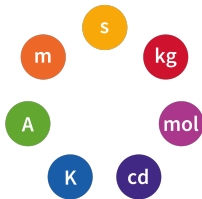
بار الکتریکی یک کمیت کوانتیزه (دانه دانه) است؛ یعنی هر میزان بار را می توان بر حسب یک بار پایه e نوشت:

$$q = ne \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

مقدار بار پایه (بار الکترون):

$$e = 1.602 \times 10^{-19} C$$

SI base unit		
Base quantity	Name	Symbol
length	meter	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
thermodynamic temp	kelvin	K
amount of substance	mole	mol
luminous intensity	candela	cd



نکات مهم درس

در انتهای هر درس، نکات مهم موضوع مورد بحث به صورت پرسش هایی مطرح خواهد شد. انتظار این است که شما بتوانید به سوال های مطرح شده پاسخ دهید. اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده مشکلی احساس می کنید، لطفا درس را یک بار دیگر مرور کنید.

تمرینات: فراموش نکنیم که بهترین راه برای جذب مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید در انتهای هر درس دانسته های خود را با حل مسائل مطرح شده محک زده و تقویت کنید.

اهمیت حل تمرین

مطالعه کتاب های درسی یا شرکت در کلاس ها فقط نقاطی را در ذهن ما روشن می کنند، در صورتی که این خود ما هستیم که باید نقاط روشن شده را به هم وصل کنیم تا الگوی درستی از مبحث را فرا بگیریم. در همین زمینه می توانید مطلب زیر را مطالعه کنید:

<https://www.sitpor.org/2021/07/exercises/>

بهترین راه برای جذب مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید در انتهای هر درس دانسته های خود را با حل مسائل مطرح شده محک زده و تقویت کنید

نقاشی خود را تمام کنید!



مبحث بعدی

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Gauss's law

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Gauss's law in magnetism

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faraday's law

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Ampère–Maxwell law

شکل از مبانی فیزیک.

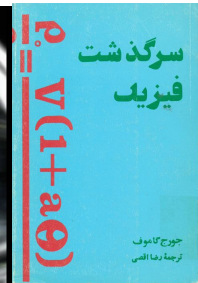
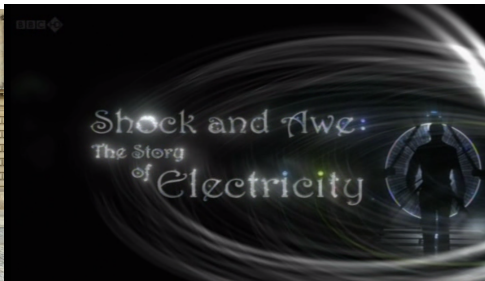
در انتهای هر درس، مبحث بعدی نیز معرفی خواهد شد. شما می توانید با کمی مطالعه پیش از شروع جلسه بعدی، خود را برای جذب بهتر مباحث آینده آماده سازید.

تاریخچه بسیار جذاب الکترومغناطیس!

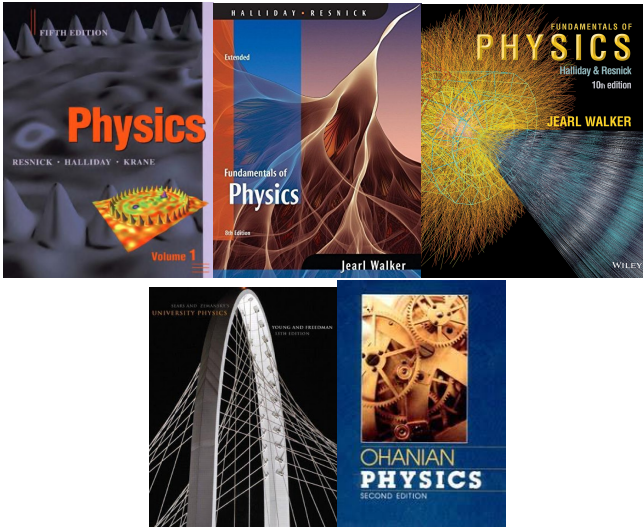
- اطلاع درباره تاریخچه هر موضوعی معمولاً به شما یک دید کلی ارائه می کند و فهم مطلب را آسانتر می کند.
- اگر به تماشای مستند علاقه دارید، می توانید دو مستند زیر (هر دو محصول BBC) را ببینید:
Scotland's Einstein : James Clerk Maxwell; The Man Who Changed The World

Shock and Awe : The Story of Electricity

- همچنین اگر به مطالعه کتاب علاقه دارید می توانید کتاب سرگذشت فیزیک، نوشته ژرژ گاموف، را مطالعه کنید.



منبع درس: فیزیک هالیدی- ویرایش پنجم



مراجع درس

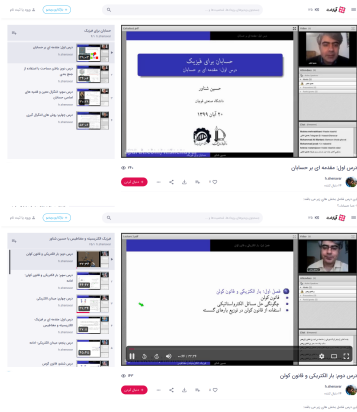
- ❶ Halliday, D., R. Resnick, and K. S. Krane. "Physics, 5th edn." (2002).
- ❷ Halliday, David, Robert Resnick, and Jearl Walker; Fundamentals of physics, 10th edn. John Wiley & Sons, 2014.
- ❸ Ohanian, Hans C., and John T. Markert. Physics for engineers and scientists, 3th edn. 2007.
- ❹ Young, Hugh D., Roger A. Freedman, and Albert Lewis Ford. Sears and Zeman-sky's university physics, 13th edn. Pearson education, 2006.

ارزشیابی درس فیزیک الکتریسته و مغناطیس

- ارزشیابی این درس بر اساس چهار آزمون خواهد بود.
- میانترم اول (نمره ارفاقی) از فصل های اول تا سوم، بر اساس ویرایش پنجم در روز ۲۳ اسفندماه ۱۴۰۳ برگزار خواهد شد.
- میانترم دوم (هماهنگ، بین ۶ تا ۸ نمره). مواد و زمان آزمون هماهنگ اعلام خواهد شد.
- میانترم سوم (نمره ارفاقی) از فصل های پنجم تا دهم، بر اساس ویرایش پنجم. زمان آزمون اعلام خواهد شد.
- پایانترم (هماهنگ). مواد آزمون پایانترم اعلام خواهد شد.



کانال درس در آپارات و یوتیوب



درک عمیق حسابان کمک بسیار زیادی به ما در فهم مسائل فیزیکی خواهد کرد.

برای درک مفاهیم درس فیزیک الکتریسته و مغناطیس و به کار بستن آنها، نیاز به تکنیک های ریاضیاتی پیشرفته ای از حسابان داریم. قسمتی از این تکنیک ها را به صورت خلاصه در مجموعه درس حسابان برای فیزیک گفته ام و از این به بعد نیز سعی در تکمیل این مباحث خواهم داشت.

<https://www.aparat.com/v/bT3uA?playlist=638439>

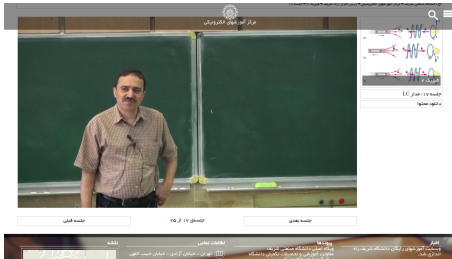
در صورت از دسترس خارج شدن سامانه آفلاین، شما می توانید برای تهیه مطالب درسی به کانال آپارات و یوتیوب درس مراجعه کنید.

<https://www.aparat.com/v/rW0VN>
<https://www.youtube.com/playlist?list=PL9lpkKk35cajZ9Sc9luPB2iQb3kurw0fU>

کلاس های دیگر فیزیک الکتریسته و مغناطیس

● کلاس درس دکتر محمدرضا اجتهادی از دانشگاه صنعتی شریف در مرکز آموزش های الکترونیکی این دانشگاه (بخش مربوط به دانشکده فیزیک):
<http://ocw.sharif.edu/courses>
از بخش های مختلف آموزش الکترونیکی شریف لذت ببرید.

● کلاس درس دکتر والتر لوین از دانشگاه MIT در سایت این دانشگاه:
<https://ocw.aprende.org/courses/physics/8-02-electricity-and-magnetism-spr-video-lectures/>
از بخش های مختلف آموزش الکترونیکی MIT لذت ببرید.



RELATED RESOURCES

VIDEO LECTURES

DOWNLOAD COURSE MATERIALS



• Course Introduction



• Lecture 1: What holds our world together?



• Lecture 2: Electric Field and Dipoles



• Lecture 3: Electric Flux and Gauss's Law



• Lecture 4: Electrostatic Potential and Electric Energy

با سپاس از توجه شما