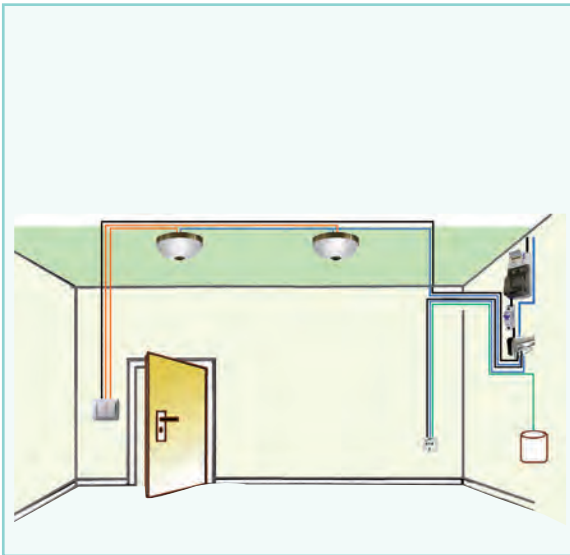


برق



در تمام ساختمان‌ها سیم‌کشی برق وجود دارد. بارها اتفاق می‌افتد که قسمتی از این سیستم دچار مشکل می‌شود و نیاز به تعمیر یا سیم‌کشی مجدد دارد. در این پودمان مهارت‌هایی جهت طراحی، سیم‌کشی، نگه‌داری و تعمیر برخی از مدارهای روشنایی برق ساختمان را کسب می‌کنید.

برخی از شایستگی‌هایی که در این پودمان به‌دست می‌آورید :

- کارهای گروهی، داشتن تفکر انتقادی، پرسش‌گری، مسئولیت‌پذیری و توسعه پایدار در بخش محیط زیست؛
- طراحی و ساخت تابلوی روشنایی کلید یک پل؛
- نگه‌داری و تعمیر سیم‌کشی مدار کلید یک پل؛
- طراحی و ساخت تابلوی روشنایی کلید دو پل؛
- نگه‌داری و تعمیر سیم‌کشی مدار کلید دو پل؛
- طراحی و ساخت تابلوی روشنایی کلید تبدیل؛
- نگه‌داری و تعمیر سیم‌کشی مدار کلید تبدیل؛
- رعایت نکات ایمنی و بهداشت هنگام انجام کار.

انرژی الکتریسته

یکی از مهم‌ترین دست‌یافته‌های بشر، دسترسی به انرژی الکتریسته یا نیروی برق است. تاریخچه این انرژی به کشف سنگ مغنیزیا و خاصیت آهن‌ربایی آن برمی‌گردد. برق توانسته تحول عظیمی در صنعت‌های دیگر رقم بزند و باعث پیشرفت‌های زیادی در علم و تکنولوژی شود. با نگاهی به اطراف خود متوجه می‌شوید که از روش‌های متنوعی برای تولید این انرژی استفاده می‌شود؛ سال گذشته با برخی از این روش‌ها آشنا شدید. امروزه انرژی‌های نو نقش مهمی در تأمین الکتریسته ایفا می‌کنند.



منظور از انرژی‌های نو چیست؟ چند نمونه را نام ببرید.

حوزه‌های متنوعی در دنیای کار، پیرامون برق و الکتریسته از جمله الکترونیک، الکتروتکنیک (قدرت)، مخابرات، کنترل، مهندسی پزشکی، میکاترونیک و ... وجود دارد که هر کدام، شاخه‌های تخصصی فراوانی را در بخش‌های خانگی، اداری، صنعتی، آزمایشگاهی، زیباسازی شهری و ... شامل می‌شوند (شکل ۵-۱). به طور مثال می‌توان در بخش خانگی به تعمیر و نصب انواع لوازم خانگی؛ نصب و تعمیر سیستم‌های هوشمند و حفاظتی (آیفون تصویری، درب برقی، اعلام و اطفای حریق، آنتن مرکزی، دزدگیر و ...)؛ نصب و تعمیر آسانسور؛ طراحی، اجرا، نگهداری و تعمیر سیستم‌های روشنایی و ... اشاره کرد. در این پودمان در بخش روشنایی ساختمان مهارت‌هایی به دست می‌آورد.



ب - مخابرات



ب - الکترونیک



الف - الکتروتکنیک (قدرت)



ج - کنترل



ث - مهندسی پزشکی



ت - میکاترونیک

شکل ۵-۱ - برخی حوزه‌های کاری مرتبط با برق

ایمنی در برق

کار با برق انسان را در بسیاری از وضعیت‌ها و موقعیت‌های خطرناک قرار می‌دهد. بنابراین هنگام کار با برق و وسایل برقی، ضروری است به نکات ایمنی توجه شود و احتیاط‌های لازم رعایت گردد.

به علت سیم‌کشی نادرست، وجود سیم‌های بدون روکش و دست‌کاری وسایل برقی همه ساله افراد زیادی در معرض خطر برق‌گرفتگی قرار می‌گیرند؛ اگر جریان برق بیش از حد مجاز از بدن انسان عبور کند خطرات جبران‌ناپذیری انسان را تهدید می‌کند. موارد زیر تعدادی از این هشدارها را بیان می‌کند. در ادامه پودمان نیز نکاتی جهت یادآوری ذکر شده است.

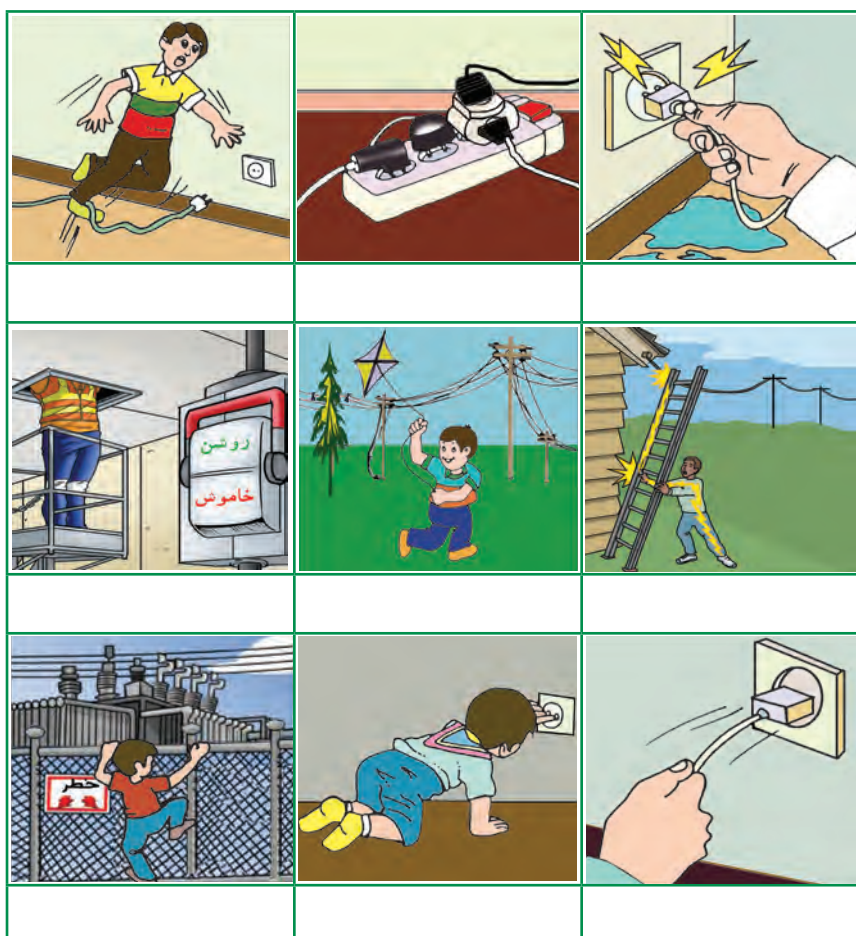
نکات ایمنی

- تمام اقدامات نگهداری و تعمیر مربوط به دستگاه‌های برقی فقط توسط فرد مجاز انجام گیرد؛
- هنگامی که دستگاه‌ها در حال تعمیرند باید کلیه کلیدها قطع و فیوزها باز باشند؛
- به هیچ وجه سیم لخت را داخل سوراخ‌های پریز نکنید؛
- هنگام کار با برق در کارگاه مدرسه، از دبیر مربوطه اجازه بگیرید.

کار کلاسی

در جدول ۱-۵ چه نکات ایمنی رعایت نشده است؟ برای هریک توضیح مختصری بنویسید.

جدول ۱-۵- تعدادی کار نادرست از نظر ایمنی



برق گرفتگی

در صورت مواجه شدن با فرد برق گرفته، ضمن حفظ آرامش، قبل از هراقدام، جریان برق را قطع و با رعایت نکات ایمنی و پزشکی، مصدوم را از محل تماس با برق جدا کنید و در صورت نیاز اقدام به تنفس مصنوعی کنید (شکل ۵-۲).



پ- بررسی علائم حیاتی و در صورت نیاز تنفس مصنوعی



ب- جدا کردن سیم از بدن مصدوم به شکل صحیح (دست یا وسیله جدا کننده خیس نباشد - وسیله جدا کننده عایق باشد).



الف- در صورت امکان فیوز اصلی قطع شود.

شکل ۵-۲- حداقل اقدامات لازم برای نجات شخص برق گرفته

مقررات ملی ساختمان



وزارت مسکن و شهرسازی مجموعه‌ای از استانداردهای حداقلی را در زمینه عملیات ساختمانی تدوین نموده است که در مجموع «مقررات ملی ساختمان» نامیده می‌شود.

هدف از تدوین این مقررات، در حدامکان تضمین ایمنی افراد و نیز سلامت ساختمان، تأسیسات و محتویات آن است و در عین حال، ایجاد شرایطی است که تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده به نحوی صحیح و رضایت بخش کار کنند. این مقررات باید در جهت تأمین ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش، صرفه اقتصادی، حفاظت محیط‌زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ سرمایه‌های ملی رعایت شود.

کار غیر کلاسی



مقررات ملی ساختمان چند مبحث دارد؟ موضوع مبحث ۱۳ آن چیست؟

معرفی وب گاه



وب‌گاه دفتر امور مقررات ملی ساختمان: در این وب‌گاه می‌توانید به مباحث مقررات ملی ساختمان دسترسی پیدا کنید^۱.

نقشه

در بودمان برق نیز مانند سایر بودمان‌های درس کار و فناوری قبل از ساخت مدارهای برقی باید نقشه آن‌ها طراحی شود. یکی

از مهم‌ترین نقشه‌های مدارهای الکتریکی شمای حقیقی است. این نقشه برای نشان دادن طریقهٔ اتصال کلیه سیم‌های رابط کلیدها، مصرف‌کننده‌ها و تا حدودی محل قرارگیری اجزای مدار به کار می‌رود.

جدول ۵-۲ علائم اختصاری برخی وسایل الکتریکی، که در نقشه کشی مورد استفاده قرار می‌گیرد را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۲- علائم و کاربرد برخی وسایل مورد استفاده در مدارهای روشنایی ساختمان

نام وسیله	شکل واقعی	شمای حقیقی	کاربرد	نام وسیله	شکل واقعی	شمای حقیقی	کاربرد
فیوز			حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و عبور جریان زیاد	کلید یک پل			قطع و وصل یک مسیر جریان
بریز برق ارت‌دار			استفاده مستقیم از انرژی الکتریکی	کلید دو پل			قطع و وصل دو مسیر جریان
لامپ (عمومی)			تبدیل انرژی الکتریکی به روشنایی	کلید تبدیل			قطع و وصل جریان از دو مکان

مقررات ملی ساختمان - «نقشه»



برای نمایش اجزای نقشه‌های برق، باید از علائم ترسیمی استاندارد مطابق کمیته بین‌المللی برق استفاده شود.

ابزار

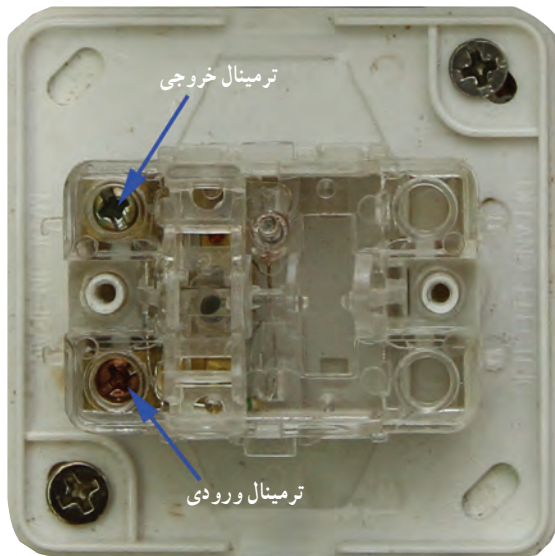
ابزارها در برق تنوع زیادی دارد. در شکل ۵-۳ برخی از ابزارهای سیم‌کشی برق ساختمان آورده شده است.



شکل ۵-۳ - تعدادی از ابزارهای سیم‌کشی برق ساختمان

مدار الکتریکی کلید یک پل

از این مدار برای قطع و وصل وسایل الکتریکی و روشن و خاموش کردن لامپ‌ها در اتاق‌های کوچک، انباری، حمام، آشپزخانه، سرویس بهداشتی و ... استفاده می‌شود.



کار کلاسی

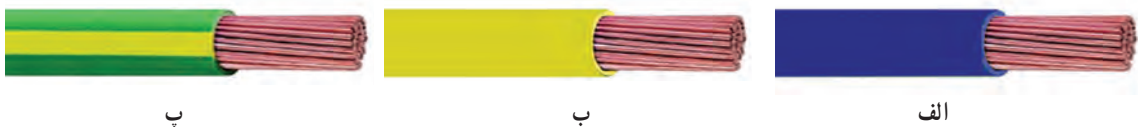


اجرای سیم‌کشی کلید یک پل با یک لامپ و یک پریز
وسایل و ابزار مورد نیاز :

تخته با ابعاد 30×40 سانتی متر، کلید یک پل، دو شاخه، پریز،
سیم با سطح مقطع $1/5 \text{ mm}^2$ و $2/5 \text{ mm}^2$ در دو رنگ متفاوت از
هر کدام حدود ۲ متر، فیوز مینیاتوری (کلیه وسایل از نوع روکار باشد)،
سیم چین، سیم لخت کن، فاز متر.
نمای داخلی یک نمونه کلید یک پل در شکل ۴-۵ نشان داده
شده است.

شکل ۴-۵- نمای داخلی یک نمونه کلید یک پل

نکته : در مصارف خانگی (تک فاز) رنگ‌های روشن مانند آبی و زرد را برای سیم نول در نظر می‌گیرند.
همچنین سیم ارت زرد با حاشیه سبز رنگ است (شکل ۵-۵).

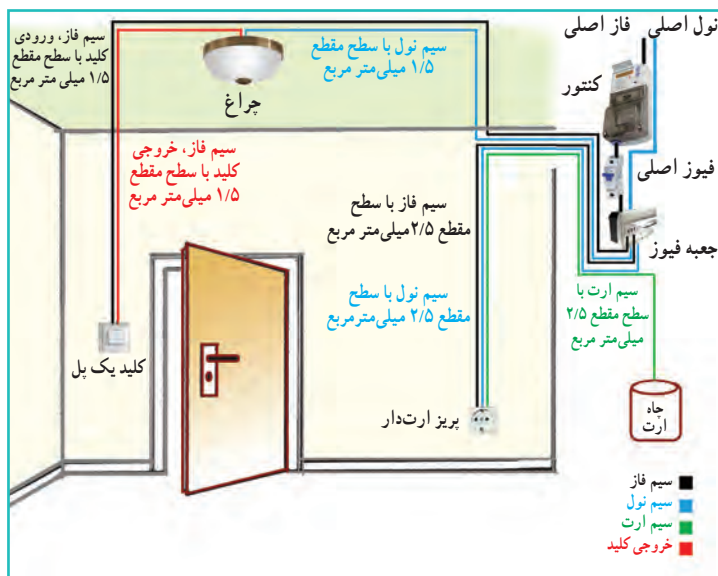
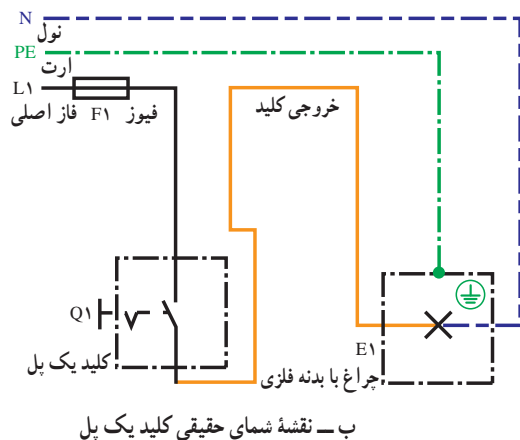


شکل ۵-۵- الف و ب- رنگ سیم‌های نول ، پ- رنگ سیم ارت

مرحله ۱- ترسیم روندنما : با توجه به آنچه در پودمان الگوریتم آموخته‌اید، روندنمای اجرای سیم‌کشی کلید یک پل با یک لامپ و یک پریز را با رایانه ترسیم کنید.

مرحله ۲- ترسیم نقشه : با توجه به آنچه در پودمان ترسیم با رایانه آموخته‌اید، شمای حقیقی مدار کلید یک پل با یک لامپ و یک پریز را ترسیم کنید.

نحوه سیم‌کشی داخلی ساختمان این مدار، به همراه نقشه شمای حقیقی کلید یک پل به طور مستقل در شکل ۶-۵ آمده است.

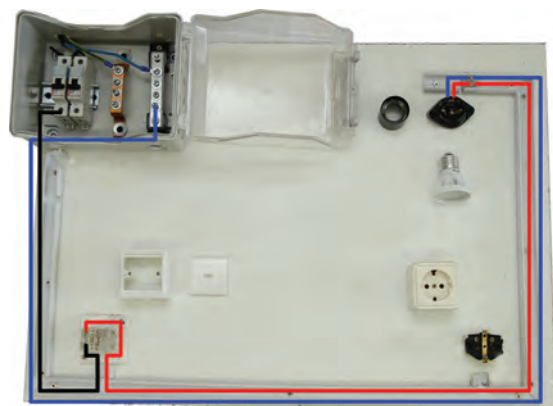


شکل ۶-۵ - سیم کشی مدار یک پل



شکل ۷-۵ - پیاده کردن نقشه، جانمایی و داکت کشی

مرحله ۳ - جانمایی قطعه‌ها، مشخص کردن مسیر و اتصال ورودی‌ها: برای سیم کشی ابتدا با توجه به نقشه حقیقی، قطعات را در محل مناسب نصب و بهترین مسیر داکت (محفظه پلاستیکی برای انجام سیم کشی روکار) را اجرا کنید (شکل ۷-۵).



شکل ۸-۵ - انجام سیم کشی روشنایی

مرحله ۴ - سیم کشی روشنایی: از خروجی فیوز مخصوص روشنایی (در مصارف خانگی معمولاً ۱۰ آمپر) یک سیم با سطح مقطع 1.5 mm^2 به ترمینال ورودی کلید یک پل وصل کنید و از ترمینال خروجی کلید، به ترمینال انتهای سریچ لامپ متصل کنید؛ در آخر، سیم نول را مستقیماً از شمش نول (صفحه فلزی) به ترمینال بدنه سریچ وصل نمایید (شکل ۸-۵).



شکل ۵-۹- روکش سیم با رنگ متفاوت

نکته: برای انجام سیم‌کشی و عیب‌یابی راحت‌تر، بهتر است رنگ سیم فیوز تا کلید با رنگ سیم کلید تا لامپ متفاوت باشد (شکل ۵-۹).



شکل ۵-۱۰- انجام سیم‌کشی پریز^۱

مرحله ۵- سیم‌کشی پریز: به ترتیب از خروجی فیوز مخصوص پریز (در مصارف خانگی معمولاً ۱۶ آمپر)، شمش نول و همچنین شمش ارت (از چاه ارت انشعاب می‌یابد) سیمی با سطح مقطع 2.5mm^2 به پیچ‌های پریز وصل کنید (شکل ۵-۱۰).

مرحله ۶- آزمایش: پس از اتمام کار با رعایت کلیه موارد ایمنی و نظم، با نظارت مستقیم دبیر، مدار را آزمایش کنید (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱- آزمایش مدار با نظارت دبیر

نکته: بدون حضور دبیر از وصل کردن برق شهر به مدار، جداً خودداری کنید.

مقررات ملی ساختمان - «سیم ارت»

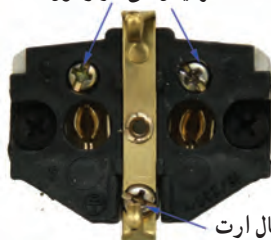


- باید برای انشعاب برق هر مشترک حداقل یک سیستم اتصال به زمین (ارت) پیش‌بینی شود (شکل ۵-۱۲-الف).
- کلیه پریزها، اعم از یک فاز یا سه فاز، باید یک اتصال اضافی برای وصل‌هادی حفاظتی (ارت) داشته باشند (شکل ۵-۱۲-ب).
- انواع تجهیزاتی که صفحات رویی فلزی دارند، به شرط داشتن لایه عایق در پشت، از وصل به هادی حفاظتی (ارت) معاف خواهند بود.



الف- چاه ارت

ترمینال‌های فاز و نول



ترمینال ارت

ب- پریز ارت دار

شکل ۵-۱۲- استفاده از اتصال ارت

سیم ارت به چه دلیل استفاده می‌شود؟



۱- فقط سیم‌کشی پریز رسم شده است.

نکته ایمنی



شکل ۱۳-۵ سیم آسیب دیده

• سیم‌های برق باید دارای روپوش عایق سالم بوده و از پیچیده شدن آن‌ها به دور اشیاء تیز و برنده جلوگیری کنید (شکل ۱۳-۵).

کار غیر کلاسی



مسیر دیگری را برای سیم‌کشی، انتخاب کنید که کمترین سیم را مصرف کند و از لحاظ زیبایی ظاهری و رعایت نکات ایمنی نیز مناسب باشد. نقشه آن را ترسیم و در کلاس ارائه دهید. از تجهیزات مربوط به کلید یک‌پل روکار در منزل یا محیط اطراف خود عکس بگیرید و سپس آن را در گروه خود بررسی کنید. به نظر شما چه نکات ایمنی یا مقررات ملی ساختمان در آن رعایت نشده است؟ یک عیب برای مدار کلید یک‌پل مثال بزنید. برای تعمیر این عیب، روندنمای مناسب ترسیم کنید.



شکل ۱۴-۵ مدار داخلی کلید دو پل

کلید دوپل

مدار کلید دوپل نیز همانند مدار کلید یک پل است، با این تفاوت که دو خروجی دارد، هر خروجی به سمت یک لامپ می‌رود. سیم نول به صورت مشترک به هر دو لامپ متصل است. شکل ۱۴-۵ مدار داخلی کلید دوپل را نشان می‌دهد.

بهینه سازی مصرف برق



شکل ۱۵-۵ زمان اوج مصرف برق

اوج مصرف برق: در ایران، حوالی ظهر (به علت استفاده از کولر و پنکه خصوصاً در فصل تابستان) و همچنین غروب آفتاب به مدت چهار ساعت (به علت استفاده همه مشترکان از سیستم روشنایی، تجهیزات برقی و روشنایی معابر) ساعت اوج مصرف (پیک مصرف) است. در این فاصله زمانی نباید از وسایل پر مصرف استفاده کنید (شکل ۱۵-۵).

در جدول ۳-۵ فهرستی از مشکلات مصرف زیاد برق به همراه راه‌حل‌های آن‌ها را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۳-۵- برخی مشکلات به همراه راه‌حل‌های مصرف انرژی برق

مشکل		
		
استفاده از وسایل غیر استاندارد و پرمصرف	سبک زندگی مصرف گرایانه، به‌ویژه در مصرف انرژی	تأثیر ناخوشایند نیروگاه‌های سوختی در محیط زیست
راه حل		
		
استفاده از وسایل استاندارد و دارای برچسب انرژی ردهٔ بالا	استفادهٔ بهینه، صرفه جویی انرژی و بازیافت	استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

کار غیر کلاسی



ضمن بررسی آخرین قبض‌های برق مصرفی منزل خود، چند پیشنهاد جهت صرفه‌جویی در فصل تابستان و زمستان ارائه دهید.

معرفی وب گاه



در پایگاه‌های زیر می‌توانید با استاندارد وسایل، راه‌های صرفه‌جویی و انرژی‌های نو آشنا شوید :

الف) مؤسسهٔ استاندارد^۱

ب) سازمان بهره‌وری انرژی ایران^۲

ج) سازمان انرژی‌های نو ایران^۳.



آیا لامپ‌هایی که به عنوان کم مصرف شناخته می‌شوند، در روشنایی خانگی بهترین گزینه است؟ اگر جواب منفی است دلیل آن چیست؟ در مورد راه حل جایگزین بیندیشید (شکل ۱۶-۵).

۱ - <http://www.isiri.org>

۲ - <http://www.saba.org.ir>

۳ - <http://www.suna.org.ir>



پ - بهترین گزینه



ب - لامپ کم مصرف



الف - لامپ رشته ای

شکل ۱۶-۵



شکستن لامپ‌های مهتابی و کم مصرف چه ضرری برای سلامت انسان و چه خطری برای محیط زیست دارد؟

نکات ایمنی

• در حال کار با برق دقت کنید که زیر پایتان مرطوب نباشد و چوب خشک یا مواد پلاستیکی که عایق خوبی هستند در زیر پاهایتان قرار دهید.

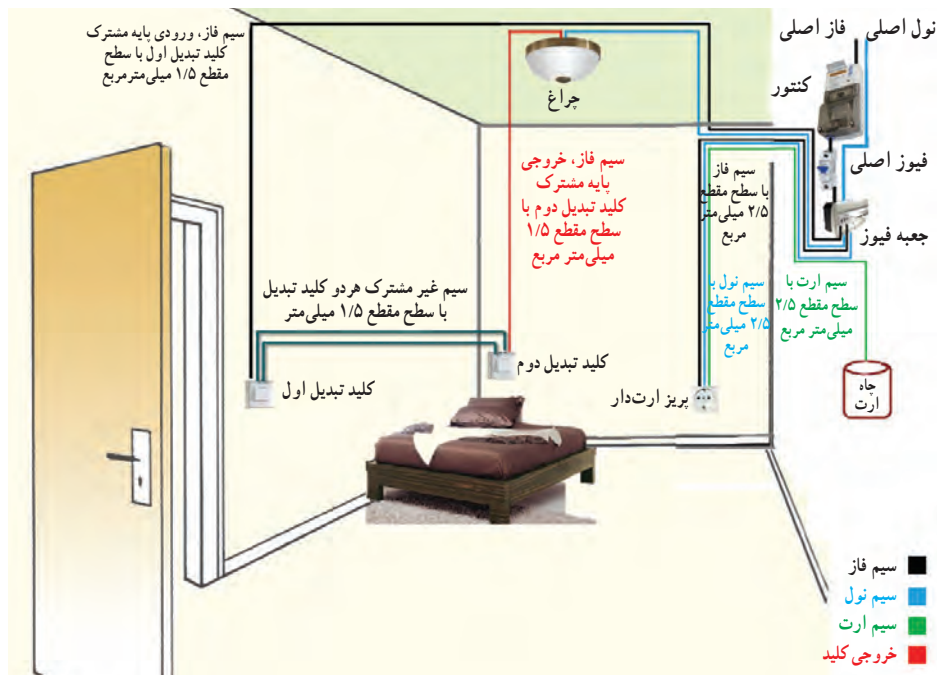


• قبل از روشن کردن هر وسیله برقی یا وصل کلید، از خشک بودن کامل دست‌هایتان اطمینان حاصل کنید (شکل ۱۷-۵).

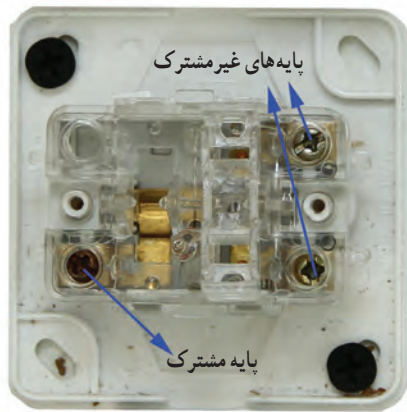
مدار الکتریکی کلید تبدیل

شکل ۱۷-۵ - قرار دادن جسم عایق زیر پاها

این مدار برای خاموش و روشن کردن یک لامپ یا یک گروه لامپ از دو نقطه مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً برای اتاق خواب، راهروها، راه‌پله‌ها و سالن‌های بزرگ که خروجی‌های مختلف دارند و نیز در حال‌های برخی واحدهای مسکونی استفاده می‌شود. نحوه سیم‌کشی داخل ساختمان این مدار در شکل ۱۸-۵ آمده است.



شکل ۱۸-۵ - سیم‌کشی مدار کلید تبدیل



شکل ۱۹-۵- نمای داخلی یک نمونه کلید تبدیل

اجرای سیم کشی کلید تبدیل با یک لامپ و یک پریز
وسایل و ابزار مورد نیاز :

تخته با ابعاد 30×40 سانتی متر، کلید تبدیل، دو شاخه، پریز، سیم با سطح مقطع 1.5 mm^2 و 2.5 mm^2 در دو رنگ متفاوت از هر کدام حدود ۲ متر، فیوز مینیاتوری (کلیه وسایل از نوع روکار باشد)، سیم چین، سیم لخت کن، فاز متر. نمای داخلی یک نمونه کلید تبدیل در شکل ۱۹-۵ نشان داده شده است.

- مرحله ۱- ترسیم روندنمای اجرای سیم کشی : با توجه به آنچه در پودمان الگوریتم آموخته اید، روندنمای اجرای سیم کشی کلید تبدیل با یک لامپ و یک پریز را با رایانه ترسیم کنید.
- مرحله ۲- ترسیم نقشه : با توجه به آنچه در پودمان ترسیم با رایانه آموخته اید، شمای حقیقی مدار کلید تبدیل با یک لامپ و یک پریز را ترسیم کنید.

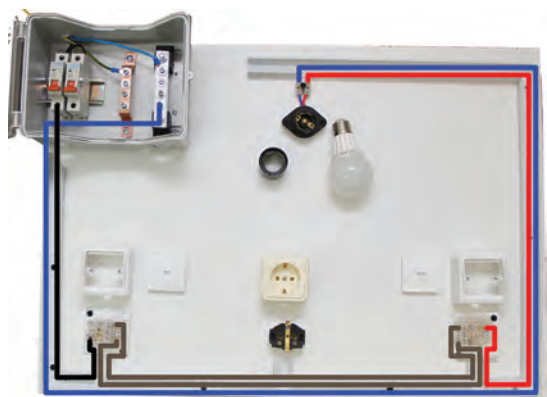


شکل ۲۰-۵- سیم کشی کلیدهای تبدیل

مرحله ۳- جانمایی قطعه ها و مشخص کردن مسیر : جانمایی قطعات و نصب بهترین مسیر داکت را همانند کار کلاسی کلید یک پل انجام دهید (شکل ۲۰-۵).

مرحله ۴- سیم کشی کلید تبدیل : خروجی فیوز روشنایی را به پیچ مشترک کلید تبدیل اول ببرید، سپس با سیم، دو پیچ غیرمشتک کلیدهای تبدیل را به همدیگر متصل کنید. از پیچ مشترک کلید دوم، یک سیم به ترمینال انتهای سری پیچ لامپ و سیم نول را به طور مستقیم به ترمینال بدنه سری پیچ وصل کنید. (شکل ۲۱-۵).

مرحله ۵- آزمایش : بعد از سیم کشی پریز (همانند کار کلاسی کلید یک پل) و پس از اتمام کار با رعایت کلیه موارد ایمنی و نظم، با نظارت مستقیم دبیر مدار را آزمایش کنید.



شکل ۲۱-۵- سیم کشی لامپ

مقررات ملی ساختمان – «اتصالات، سیم و کلید»



شکل ۵-۲۲- ترمینال جهت اتصالات

- اتصالات و انشعابات باید با استفاده از ترمینال‌های پیچی انجام شود (شکل ۵-۲۲).
- به هیچ عنوان در سیم‌کشی روشنائی سطح مقطع سیم‌ها از $1/5 \text{ mm}^2$ و در سیم‌کشی پریز از $2/5 \text{ mm}^2$ کمتر نباشد.
- کلیدها باید فاز را قطع و وصل کنند و قطع و وصل نول توسط کلید ممنوع است.



- در مورد راه‌های دیگر سیم‌کشی کلید تبدیل و استاندارد بودن آن تحقیق کنید.
- درباره دو جایگزین برای کلید تبدیل در راه‌پله‌ها تحقیق کنید.
- درباره سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS) تحقیق کنید.

پروژه‌های نیمه تجویزی دیگری در جدول ۵-۴ معرفی شده‌اند که مراحل ساخت آن‌ها را می‌توانید از سایت گروه کار و فناوری دریافت کنید.

جدول ۵-۴- پروژه‌های نیمه تجویزی برق

		
سنسور حضور افراد	زمان‌سنج (تایمر) راه پله	مدار روشنائی با فتوسل
		
اجرای مدار لامپ فلورسنت	پریز سیار	لامپ سیار
		
پروژه شما ...	اجرای مدار راه‌اندازی کولر	اجرای مدار زنگ اخبار

جدول خودارزیابی پروژه

بخش اول :

ردیف	عنوان	محدوده نمره	دلایل و مستندات	نمره خودارزیابی
۱	شناسی‌نگی‌های فنی و پایه در	بودمان الگوریتم		۱۰-۰
۲		بودمان ترسیم با رایانه		۱۰-۰
۳		بودمان برق		۳۰-۰
۴	مدیریت منابع *			۱۰-۰
۵	کار گروهی			۵-۰
۶	نوآوری و خلاقیت			۵-۰
۷	فناوری اطلاعات و ارتباطات			۵-۰
۸	کیفیت خدمات ارائه شده			۲۵-۰
جمع نمره از ۱۰۰		$X = \dots$		
محاسبه نمره برحسب ۲۰		$\frac{X}{5} = \dots$		

بخش دوم :

رعایت ایمنی و بهداشت در حین کار	<input type="checkbox"/> قبول
	<input type="checkbox"/> غیر قابل قبول

* مدیریت منابع شامل : مدیریت زمان، استفاده بهینه از مواد و وسایل، صرفه جویی

الهام از آفریده‌های خداوند

همواره در طول تاریخ، بشر از طریق الگو گرفتن از طبیعت، دست به ابداعات زیادی زده است، نمونه‌ای از آن‌ها در اینجا آورده شده است.

مار ماهی الکتریکی : مار ماهی الکتریکی قادر است شوک‌های الکتریکی قوی تا ۸۶۰ ولت تولید کند و از آن برای شکار و دفاع از خود استفاده کند. این ماهی می‌تواند با جریان برقی که تولید می‌کند یک تماس را خشک کند. طول آن به بیش از ۲ متر و وزنش به ۲۰ کیلوگرم می‌رسد. در دو سوم بدن این ماهی حدود شش هزار صفحه و پولک تولید کننده برق وجود دارد. در ساخت روبات‌های پیشرفته، منبع تغذیه میکروسکوپ، وسایل پزشکی، اسلحه‌ها و دیگر وسایل حفاظتی از این ماهی الهام گرفته شده است. در شکل ۲۳-۵ مار ماهی الکتریکی و یک نمونه از اختراعات الهام گرفته شده از آن نشان داده شده است.



الف - مار ماهی الکتریکی



ب - شوکر

شکل ۲۳-۵ - الهام از طبیعت