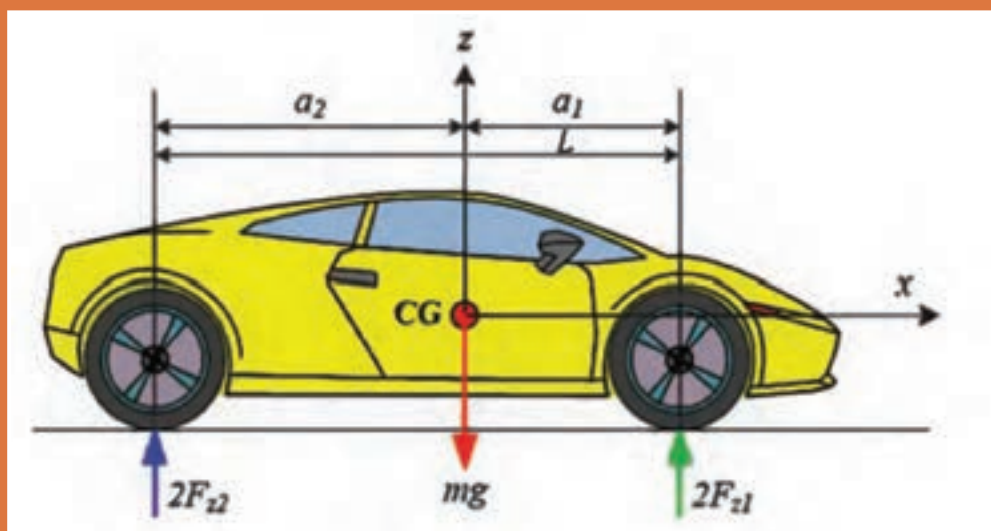


## فصل ۵

### اصول و مبانی کاربردی در خودرو



## واحدها و کمیت ها

در علوم مهندسی کمیت های مختلف از قبیل نیرو، جرم، شتاب و دما وجود دارند که برای اندازه گیری آنها نیاز به یکاهای یکسانی است؛ به عنوان مثال پیستونی که با قطر ۱۰۰ mm در آلمان ساخته می شود با پیستونی که در مکانی دیگر با همین قطر (۱۰۰ mm) ساخته می شود باید برابر باشد. در غیر این صورت موتور و اجزای آن با یکدیگر مونتاژ نخواهند شد؛ به عبارت دیگر ۱۰۰ میلی متر آلمان باید با ۱۰۰ میلی متر سایر کشورها مانند ایتالیا، ژاپن کاملاً برابری داشته باشد. به همین منظور از سیستم های یکای بین المللی استفاده می شود.

یکی از سیستم های اندازه گیری، سیستم بین المللی (SI) است که از عبارت *International System of Units* گرفته شده است و در زبان فرانسوی به معنی دستگاه بین المللی یکاها است. این سیستم به سیستم متریک معروف است. بین المللی شدن دستگاه متریک از سال ۱۸۷۵ میلادی از پیمان نامه ای که بین هفده کشور امضا شد، آغاز گردید.

یکاهای سیستم متریک به دو دسته یکاهای اصلی یا اولیه و یکاهای فرعی یا ثانویه تقسیم شده اند، که یکاهای فرعی با استفاده از یکاهای اصلی ایجاد می شوند. جدول ۱-۵ نمونه ای از کمیت های اصلی سیستم SI و واحدهای آنها را نشان می دهد.

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
جریان الکتریکی	آمپر	A
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
شدت درخشش	شمع	cd

جدول ۱-۵- یکاهای اصلی سیستم SI

در کنار سیستم بین المللی SI سیستم های اندازه گیری دیگری نیز وجود دارند که از نظر اعتبار کمتر از سیستم SI هستند، اما در برخی از کشورها مورد استفاده قرار می گیرند و از این جمله می توان به سیستم اندازه گیری انگلیسی اشاره کرد که در کشورهایی مثل انگلیس و آمریکا کاربرد دارد. از این رو شناسایی این واحد اندازه گیری در رابطه آنها با سیستم SI لازم است، جدول ۲-۵ نمونه هایی از یکاهای مختلف طول در واحد SI و انگلیسی (uk) تبدیل آنها به یکدیگر را نشان می دهد.

مایل	یارد	فوت	اینچ	کیلومتر	متر	سانتی متر	میلی متر
mi	yd	ft	in	km	m	cm	mm
۶/۲۱e-۷	۰/۰۰۱۰۹۴	۰/۰۰۳۲۸۱	۰/۰۳۹۳۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱	۱
۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۱۰۹۳۶	۰/۰۳۲۸۰۸	۰/۳۹۳۷۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱	۱۰
۰/۰۰۰۶۲۱	۱/۰۹۳۶۱۳	۳/۲۸۰۸۴	۳۹/۳۷۰۰۸	۰/۰۰۱	۱	۱۰۰	۱۰۰۰
۰/۶۲۱۳۷۱	۱۰۹۳/۶۱۳	۳۲۸۰/۸۴	۳۹۳۷۰/۰۸	۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۲۷۷۷۸	۰/۰۸۳۳۳۳	۱	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۲۵۴	۲/۵۴	۲۵/۴
۰/۰۰۰۱۸۹	۰/۳۳۳۳۳۳	۱	۱۲	۰/۰۰۰۳۰۵	۰/۳۰۴۸	۳۰/۴۸	۳۰۴/۸
۰/۰۰۰۵۶۸	۱	۳	۳۶	۰/۰۰۰۹۱۴	۰/۹۱۴۴	۹۱/۴۴	۹۱۴/۴
۱	۱۷۶۰	۵۲۸۰	۶۳۳۶۰	۱/۶۰۹۳۴۴	۱۶۰۹/۳۴۴	۱۶۰۹۳۴/۴	۱۶۰۹۳۴۴

جدول ۲-۵ واحدهای طول و روابط تبدیل آنها به یکدیگر



شکل ۱-۵

قطر رینگ تایی برابر با ۱۷ اینچ است. این قطر را به واحد های زیر تبدیل کنید.

الف) میلیمتر

پاسخ: .....

ب) فوت

پاسخ: .....

ج) سانتی متر

پاسخ: .....



فعالیت

یارد مربع	فوت مربع	اینچ مربع	متر مربع	سانتی متر مربع	میلی متر مربع
yd <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱
۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۱۰۷۶	۰/۱۵۵	۰/۰۰۰۱	۱	۱۰۰
۱/۱۹۵۹۹	۱۰/۷۶۳۹۱	۱۵۵۰/۰۰۳	۱	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
۰/۰۰۰۷۷۲	۰/۰۰۶۹۴۴	۱	۰/۰۰۰۶۴۵	۶/۴۵۱۶	۶۵۴/۱۶
۰/۱۱۱۱۱۱	۱	۱۴۴	۰/۰۹۲۹۰۳	۹۲۹/۰۳۰۴	۹۲۹۰۳
۱	۹	۱۲۹۶	۰/۸۳۶۱۲۷	۸۳۶۱/۲۷۴	۸۳۶۱۲۷

جدول ۳-۵ واحدهای سطح و روابط تبدیل آنها به یکدیگر



شکل ۲-۵

قطر پیستون موتوری برابر با ۱۰ سانتی متر است، مساحت این پیستون را در واحدهای زیر محاسبه کنید:

الف) میلی متر مربع

پاسخ: .....

ب) اینچ مربع

پاسخ: .....



فعالیت

سانتی متر مکعب	متر مکعب	لیتر	اینچ مکعب	فوت مکعب	گالن (us)	گالن (عمومی)	بشکه (نفت)
cm <sup>۳</sup>	m <sup>۳</sup>	ltr	in <sup>۳</sup>	ft <sup>۳</sup>	US gal	Imp. gal	US brl
۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۶۱۰۲۴	۰/۰۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۲۶۴	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۰۶
۱۰۰۰۰۰۰	۱	۱۰۰۰	۶۱۰۲۴	۳۵	۲۶۴	۲۲۰	۶/۲۹
۱۰۰۰	۰/۰۰۱	۱	۶۱	۰/۰۳۵	۰/۲۶۴۲۰۱	۰/۲۲	۰/۰۰۶۲۹
۱۶/۴	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۱۶۳۸۷	۱	۰/۰۰۰۵۷۹	۰/۰۰۴۳۲۹	۰/۰۰۳۶۰۵	۰/۰۰۰۱۰۳
۲۸۳۱۷	۰/۰۲۸۳۱۷	۲۸/۳۱۶۸۵	۱۷۲۸	۱	۷/۴۸۱۳۳۳	۶/۲۲۹۷۱۲	۰/۱۷۸۱۲۷
۳۷۸۵	۰/۰۰۳۷۸۵	۳/۷۹	۲۳۱	۰/۱۳	۱	۰/۸۳۲۷۰۱	۰/۰۲۳۸۱
۴۵۴۵	۰/۰۰۴۵۴۵	۴/۵۵	۲۷۷	۰/۱۶	۱/۲۰	۱	۰/۰۲۵۹۳
۱۵۸۹۷۰	۰/۱۵۹۷	۱۵۹	۹۷۰۱	۶	۴۲	۳۵	۱

جدول ۴-۵- واحدهای حجم و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

حجم سیلندر موتور برای ۶۰۰ سی سی است. این حجم را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

الف) لیتر پاسخ: .....  
ب) متر مکعب پاسخ: .....



فعالیت

اونس	پوند	تن بزرگ	تن کوچک	تن متریک	کیلوگرم	گرم
oz	lb	Lton	shton	tonne	kg	g
۰/۰۳۵۲۷۳	۰/۰۰۲۲۰۵	۹/۸۴e-۰۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۱
۳۵/۲۷۳۳۷	۲/۲۰۴۵۸۶	۰/۰۰۰۹۸۴	۰/۰۰۱۱۰۲	۰/۰۰۱	۱	۱۰۰۰
۳۵۲۷۳/۳۷	۲۲۰۴/۵۸۶	۰/۹۸۴۲۵۲	۱/۱۰۲۲۹۳	۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
۳۲۰۰۰	۲۰۰۰	۰/۸۹۲۹۱۳	۱	۰/۹۰۷۲	۹۰۷/۲	۹۰۷۲۰۰
۳۵۸۳۷/۷۴	۲۲۳۹/۸۵۹	۱	۱/۱۱۹۹۲۹	۰/۰۱۶	۱۰۱۶	۱۰۱۶۰۰۰
۱۶	۱	۰/۰۰۰۴۴۶	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴۵۴	۰/۴۵۳۶	۴۵۳/۶
۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۲۸۳۵	۲۸

جدول ۵-۵- واحدهای جرم و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

جرم خودرویی برابر با ۲ تن است. این جرم را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

الف) کیلوگرم پاسخ: .....  
ب) پوند پاسخ: .....



فعالیت

اتمسفر	میلی متر جیوه	کیلوگرم نیرو / سانتی متر مربع	مگا پاسکال	کیلو پاسکال	پوند / اینچ مربع	بار
atm	mm Hg	kgf/ cm <sup>2</sup>	MPa	kPa	psi	bar
۰/۹۸۷۱۶۷	۷۵۰/۰۱۸۸	۱/۰۱۹۶۸	۰/۱	۱۰۰	۱۴/۵۰۳۲۶	۱
۰/۰۶۸۰۶۵	۵۱/۷۱۳۷۹	۰/۰۷۰۳۰۷	۰/۰۰۶۸۹۵	۶/۸۹۵	۱	۰/۰۶۸۹۵
۰/۰۰۹۸۷	۷/۵۰۰۲	۰/۰۱۰۲۰	۰/۰۰۱	۱	۰/۱۴۵۰	۰/۰۱
۹/۸۷۱۷	۷۵۰۰/۲	۱۰/۱۹۷	۱	۱۰۰۰	۱۴۵/۰۳	۱۰
۰/۹۶۸۱۱۵	۷۳۵/۵۴۳۴	۱	۰/۰۹۸۰۷	۹۸/۰۷	۱۴/۲۲۳۳۵	۰/۹۸۰۷
۰/۰۰۱۳۱۶	۱	۰/۰۰۱۳۶	۰/۰۰۰۱۳۳	۰/۱۳۳۳۳	۰/۰۱۹۳۳۷	۰/۰۰۱۳۳۳
۱	۷۵۹/۷۶۹	۱/۰۳۲۹۳۶	۰/۱۰۱۳	۱۰۱/۳	۱۴/۶۹۱۸۱	۱/۰۱۳

جدول ۵-۶- واحدهای فشار و روابط تبدیل آنها به یکدیگر



شکل ۳-۵- گشتاور لازم برای سفت کردن چرخ

باد تایر خودرویی برابر با ۲ بار است. این فشار را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

الف) Psi

پاسخ: .....

ب) کیلو پاسکال

پاسخ: .....



فعالیت

ساعت / مایل	دقیقه / فوت	ثانیه / فوت	ساعت / کیلومتر	دقیقه / متر	ثانیه / متر
mi/h	ft/min	ft/s	km/h	m/min	m/s
۲/۲۳۷۱۳۶	۱۹۶/۸۵۰۴	۳/۲۸۰۸۴	۳/۵۹۹۷۱۲	۵۹/۹۸۸	۱
۰/۰۳۷۲۹۳	۳/۲۱۴۹۶	۰/۰۵۴۶۹۲	۰/۰۶۰۰۰۷	۱	۰/۰۱۶۶۷
۰/۶۲۱۴۷۷	۵۴/۶۸۵۰۴	۰/۹۱۱۴۱۷	۱	۱۶/۶۶۴۶۷	۰/۲۷۷۸
۰/۶۸۱۸۷۹	۶۰	۱	۱/۰۹۷۱۹۲	۱۸/۲۸۴۳۴	۰/۳۰۴۸
۰/۰۱۱۳۶۵	۱	۰/۰۱۶۶۶۷	۰/۰۱۸۲۸۷	۰/۳۰۴۷۳۹	۰/۰۰۵۰۸
۱	۸۷/۹۹۲۱۳	۱/۴۶۶۵۳۵	۱/۶۰۹۰۷۱	۶۸/۸۱۴۶۴	۰/۴۴۷

جدول ۵-۷- واحدهای سرعت و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

سرعت خودرویی برابر با ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است. این سرعت را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

الف) متر بر ثانیه پاسخ: .....

ب) متر بر دقیقه پاسخ: .....



فعالیت

اینچ پوند	فوت پوند	کیلوگرم متر	نیوتن متر
inlb	ftlb	kgfm	Nm
۸/۸۵۰۷۳۲	۰/۷۳۷۵۶۱	۰/۱۰۱۹۷۲	۱
۸۶/۷۹۶۰۳	۷/۲۳۳۰۰۳	۱	۹/۸۰۶۶۵
۱۲	۱	۰/۱۳۸۲۵۵	۱/۳۵۵۸۲
۱	۰/۰۸۳۳۳۳	۰/۰۱۱۵۲۱	۰/۱۱۲۹۸۵

جدول ۸-۵- واحدهای گشتاور و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

گشتاور لازم برای سفت کردن پیچ چرخ خودرو ۸۰ نیوتن متر است. این گشتاور را به واحدهای زیر تبدیل کنید.  
الف) کیلوگرم متر

پاسخ : .....

ب) فوت پوند

پاسخ : .....



فعالیت



شکل ۴-۵- گشتاور لازم برای سفت کردن چرخ

Degree Celsius (°C)	درجه سانتی گراد	$(^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$
		$(\text{K} - 273.15)$
Degree Fahrenheit (°F)	درجه فارنهایت	$(^{\circ}\text{C} \times 9/5) + 32$
		$(1.8 \times \text{K}) - 459.67$
Kelvin (K)	کلوین	$(^{\circ}\text{C} + 273.15)$
		$(^{\circ}\text{F} + 459.67) \div 1.8$

جدول ۹-۵- واحدهای دما و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

دمای باز شدن ترموستات سیستم خنک کاری موتور ۷۸ درجه سانتی گراد است. این دما را به واحدهای زیر تبدیل کنید:

الف) فارنهایت پاسخ : .....

ب) کلوین پاسخ : .....



فعالیت

## اجزاء و اضعاف

گاهی واحدهای استاندارد برای نمایش یک کمیت بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک هستند؛ به عنوان مثال برای نشان دادن خلاصی دهانه شمع جرقه زنی با واحد متر مشکل است (خلاصی دهانه شمع خودرو حدود ۰/۰۰۰۶ متر است) از این رو می توان برای نمایش آن از واحدهای کوچکتری مانند میلی متر استفاده کرد. که در این صورت این عدد به صورت ۰/۶ mm (۰/۶×۰/۰۰۱ m) نشان داده می شود. جدول ۱۰ - ۵ نمونه هایی از اجزاء و اضعاف مورد استفاده در علوم مهندسی را نشان می دهد.

ضرایب اعشاری واحدها، محاسبه بهره							
ضرایب اعشاری واحدها				طبق (۱۰-۲۰۰۲) DIN ۱۳۰۱-۱			
واحد SI				ریاضی			
مثال		پیشوند		مقدار عددی	نام	توان ده	
معنی	واحد	علامت	نام				
۱۰ <sup>۱۴</sup> Meter	Em	E	اکسا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	تریلیون	۱۰ <sup>۱۶</sup>	
۱۰ <sup>۱۳</sup> Meter	Pm	P	پتا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	بیلیارد	۱۰ <sup>۱۵</sup>	
۱۰ <sup>۱۲</sup> Volt	TV	T	ترا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	بیلیون	۱۰ <sup>۱۲</sup>	
۱۰ <sup>۵</sup> Watt	GW	G	گیگا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	میلیارد	۱۰ <sup>۵</sup>	
۱۰ <sup>۴</sup> Watt	MW	M	مگا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	میلیون	۱۰ <sup>۴</sup>	
۱۰ <sup>۳</sup> Newton	kN	k	کیلو	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	هزار	۱۰ <sup>۳</sup>	
۱۰ <sup>۲</sup> Liter	hl	h	هکتو	۱۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	صد	۱۰ <sup>۲</sup>	
۱۰ <sup>۱</sup> Meter	dam	da	دکا	۱۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	ده	۱۰ <sup>۱</sup>	
۱۰ <sup>۰</sup> Meter	m	-	-	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک	۱۰ <sup>۰</sup>	
۱۰ <sup>-۱</sup> Meter	dm	d	دسی	۰/۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک دهم	۱۰ <sup>-۱</sup>	
۱۰ <sup>-۲</sup> Meter	cm	c	سانتی	۰/۰۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک صدم	۱۰ <sup>-۲</sup>	
۱۰ <sup>-۳</sup> Volt	mV	m	میلی	۰/۰۰۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک هزارم	۱۰ <sup>-۳</sup>	
۱۰ <sup>-۶</sup> Ampere	μA	μ	میکرو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک میلیونیم	۱۰ <sup>-۵</sup>	
۱۰ <sup>-۹</sup> Meter	nm	n	نانو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک میلیاردم	۱۰ <sup>-۹</sup>	
۱۰ <sup>-۱۲</sup> Farad	pF	p	پیکو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک بیلیونیم	۱۰ <sup>-۱۲</sup>	
۱۰ <sup>-۱۵</sup> Farad	fF	f	فمنو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک بیلیاردم	۱۰ <sup>-۱۵</sup>	
۱۰ <sup>-۱۸</sup> Meter	am	a	آتو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	یک تریلینیم	۱۰ <sup>-۱۶</sup>	

جدول ۱۰-۵- اجزاء و اضعاف

مثال: جرم سوپاپ دود موتوری برابر ۱۸۲ gr (گرم) و حجم آن ۲۲۹۵۷ mm<sup>۳</sup> (میلی متر مکعب) است. چگالی آلیاژ این سوپاپ را محاسبه کنید.

$$\begin{aligned}
 182 \text{ g} &= 182 \times 10^{-3} \text{ kg} \\
 22957 \text{ mm}^3 &= 22957 \times 10^{-9} \text{ m}^3 \\
 \rho &= \frac{m}{V} = \frac{182 \times 10^{-3}}{22957 \times 10^{-9}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \\
 &= \frac{182 \times 10^{-3} \times 10^9}{22957} = \frac{182 \times 10^6}{22957} = 7927.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

ρ = چگالی  
 m: جرم بر حسب (kg)  
 V: حجم بر حسب (m<sup>۳</sup>)



فعالیت

ابعاد یک باک مکعب مستطیل برابر ۶۰۰ mm، ۳۰ cm و ۰/۵ m است. حجم این باک چند لیتر است؟  
پاسخ : .....

### محاسبات زمان، زاویه و حرکت یکاهای اندازه گیری زمان

همانگونه که پیشتر بیان شد یکای زمان در سیستم SI ثانیه است و با نماد S یا Sec نمایش داده می شود. یک ثانیه مدت زمانی است که اتم سزیم ۱۳۳ در حالت پایه ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ بار نوسان می کند. از یکاهای دیگر زمان می توان به دقیقه، ساعت و روز به صورت ضرب هایی از ثانیه اشاره کرد. یک دقیقه ۶۰ ثانیه است و آن را با min نشان می دهند.

$$1 \text{ min} = 60 \text{ S}$$

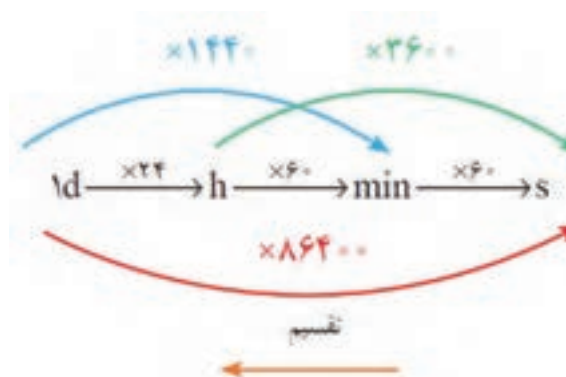
یک ساعت ۶۰ دقیقه است و آن را با h نشان می دهند.

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ S}$$

یک شبانه روز ۲۴ ساعت است و آن را با d نشان می دهند.

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86400 \text{ S}$$

تبدیل اجزای زمان را می توان به طور کلی به صورت زیر نشان داد.



برای تبدیل یکاهای کوچکتر به بزرگتر از عمل تقسیم و در جهت عکس نمودار استفاده می شود.



نکته





فعالیت

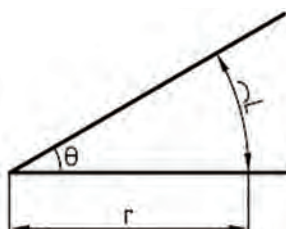
زمان ۴ ساعت و ۱۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه را برحسب یکاهای زیر بدست آورید:

- الف) چند ثانیه پاسخ : .....
- ب) چند دقیقه پاسخ : .....
- ج) چند ساعت پاسخ : .....

## زاویه

یکای اندازه گیری زاویه

زاویه یا گوشه یکی از مفاهیم هندسی است و به ناحیه ای از صفحه گفته می شود که بین دو نیم خطی که سر مشترک دارند محصور شده است. به سر مشترک این دو نیم خط رأس یا گوشه گویند.



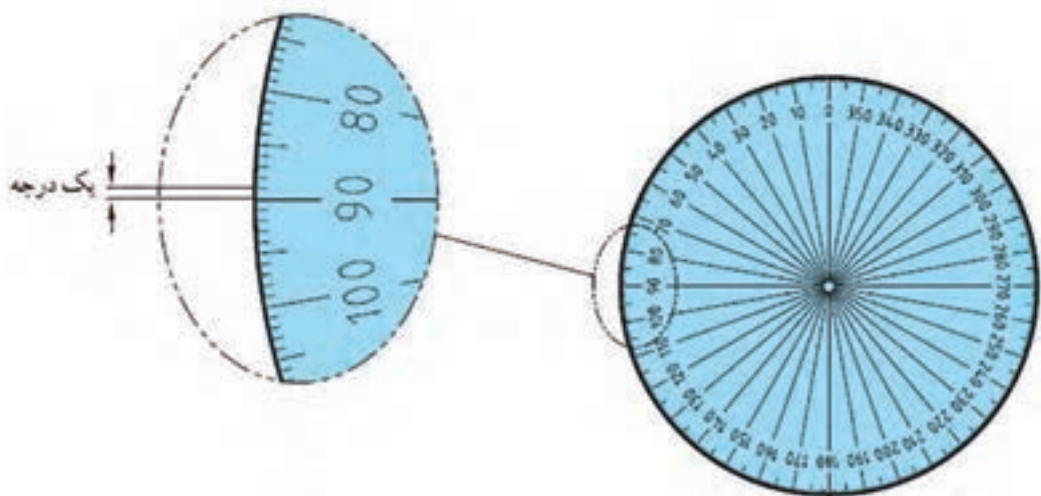
شکل ۵-۵- زاویه

یکاهای اصلی برای اندازه گیری زاویه: درجه، رادیان و گراد است.

برای نمایش درجه از علامت ° استفاده می شود.

درجه: اگر محیط یک دایره دلخواه را به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم و هر قسمت را به مرکز دایره وصل کنیم، اندازه زاویه حاصل را یک درجه می نامند (شکل ۶-۵).

یک درجه = زاویه مرکزی مقابل به محیط دایره  
۳۶۰

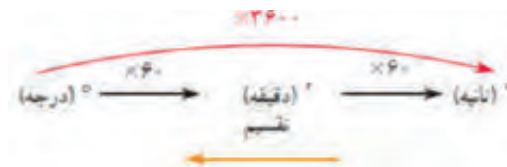


شکل ۶-۵- اندازه درجه نسبت به محیط دایره

همانگونه که می دانید، معمولاً هر یکا دارای اجزایی است. درجه نیز به عنوان یکای اندازه گیری دارای اجزائی مانند دقیقه (') و ثانیه (") است.

$$\begin{aligned}
 &1^\circ = 60' = \frac{1}{60} \times 1^\circ \quad \text{هر دقیقه برابر } \frac{1}{60} \text{ درجه است.} \\
 &1' = 60'' = \frac{1}{60} \times 1' = \frac{1}{3600} \times 1^\circ \quad \text{هر ثانیه برابر } \frac{1}{60} \text{ دقیقه یا } \frac{1}{3600} \text{ درجه است.} \\
 &1^\circ = 60' = 3600'' \quad \text{به عبارتی:}
 \end{aligned}$$

تبدیل اجزای زاویه



در نمودار بالا برای تبدیل یکای کوچک تر به بزرگ تر، از عمل تقسیم در جهت عکس نمودار استفاده می شود.

**تمرین نمونه:** مقدار زاویه  $2^\circ$  و  $42'$  و  $25''$  را بر حسب (الف) درجه (ب) دقیقه (ج) ثانیه حساب کنید.

$$\begin{aligned}
 &\text{(الف)} \quad 2^\circ + 42' = 2^\circ + 42 \div 60 = 2^\circ + 0.7^\circ = 2.7^\circ \\
 &\quad 2.7^\circ = 2.7 \times 60 = 162' \\
 &\quad 162' + 25'' = 162' + 25 \div 60 = 162' + 0.4167' = 162.4167' \\
 &\quad 162.4167' = 162.4167 \div 60 = 2.7069^\circ \\
 &\text{(ب)} \quad 2^\circ = 2 \times 60 = 120' \\
 &\quad 120' + 42' = 162' \\
 &\quad 162' = 162 \div 60 = 2.7^\circ \\
 &\quad 2.7^\circ + 25'' = 2.7^\circ + 25 \div 3600 = 2.7^\circ + 0.0069^\circ = 2.7069^\circ \\
 &\text{(ج)} \quad 2^\circ = 2 \times 3600 = 7200'' \\
 &\quad 7200'' + 42' = 7200'' + 42 \times 60 = 7200'' + 2520'' = 9720'' \\
 &\quad 9720'' + 25'' = 9745'' \\
 &\quad 9745'' = 9745 \div 3600 = 2.7069^\circ
 \end{aligned}$$

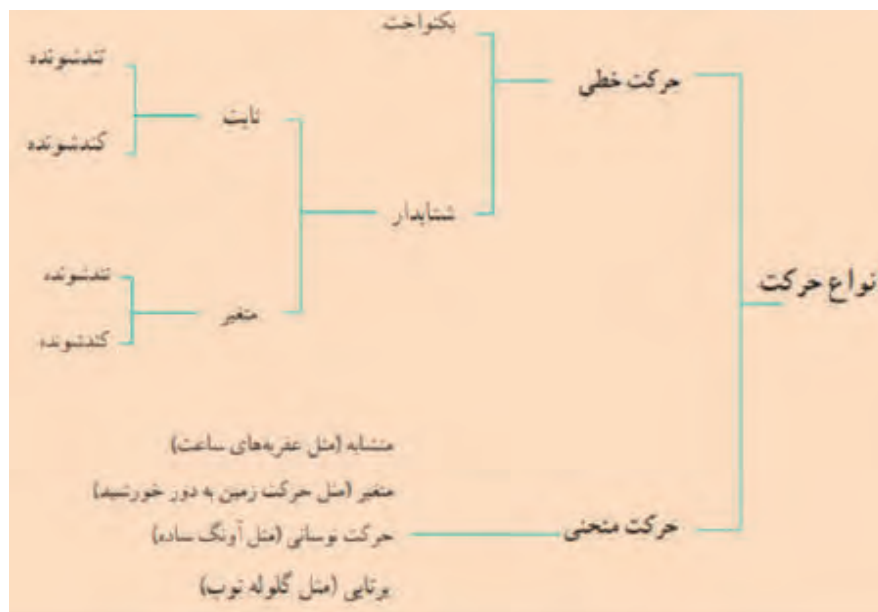
## حرکت

هرگاه محل استقرار جسم تغییر کند می گوییم آن جسم حرکت کرده است؛ به عبارت دیگر عملی که با آن جسمی از مکانی به مکان دیگر عبور می کند.

حرکت دارای انواع مختلفی است که می توان با مقایسه جهت و سرعت حرکت های مختلف، آنها را از یکدیگر تفکیک کرد.

## سرعت

سرعت، عامل مهمی برای سنجش و ارزیابی حرکت است. در حقیقت مقدار سرعت و تغییرات آن است که نوع حرکت را مشخص می کند. سرعت از تقسیم مسافت پیموده شده بر زمان حرکت بدست می آید.



شکل ۷-۵- انواع حرکت

در درس فیزیک به بررسی انواع سرعت ها پرداخته می شود.

## یکای سرعت در سیستم SI

همانگونه که پیشتر بیان شد یکای سرعت در سیستم SI متر بر ثانیه (m/s) بوده و آن سرعت متحرکی است که در هر ثانیه مسافتی برابر یک متر را طی می کند.

سرعت می تواند یکاهای دیگری نیز داشته باشد، به طور مثال یکاهای سرعت بر حسب نیاز در جدول ..... ارائه شده است.

وسایل نقلیه	$\frac{km}{h}$
سرعت محیطی، سرعت صوت، سرعت بوش در سنگزنی	$\frac{m}{s}$
سرعت پشروی در وسایل براده برداری مثل فرزکاری، سنگزنی	$\frac{mm}{min}$
سرعت بوش در تراشکاری، صفحه تراش، فرزکاری، سوراخکاری، سرعت در جرفیل ها	$\frac{m}{min}$
سرعت نوار در نوارهای صدا و مغناطیسی	$\frac{cm}{s}$

جدول ۱۱-۵- یکاهای سرعت

تبدیل یکاهای سرعت به یکدیگر را می توان به صورت زیر بیان کرد.

$$\frac{m}{s} \xleftrightarrow[\div]{\times 3.6} \frac{km}{h} \quad \frac{m}{s} \xleftrightarrow[\div]{\times 3600} \frac{m}{h} \quad \frac{m}{s} \xleftrightarrow[\div]{\times 60} \frac{m}{min}$$

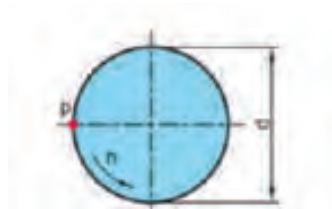
### حرکت دایره ای

دوران: تعداد دوران یعنی یک جسم در واحد زمان چند مرتبه حول محور خود می چرخد.  
یکای تعداد دوران  $\frac{1}{s}$  یا  $\frac{1}{min}$  است.  $\frac{1}{s}$  نشان دهنده یک دور در هر ثانیه و  $\frac{1}{min}$  نشان دهنده یک دور در هر دقیقه است.

### سرعت محیطی

وقتی جسمی حول یک محور می چرخد هر نقطه از آن دارای سرعت محیطی است که سرعت محیطی آن بسته به فاصله آن از مرکز دوران متفاوت است.  
اگر نقطه ای مانند **p** روی دایره ای به قطر **d** حرکت یکنواختی کند، سرعت محیطی آن مقدار مسافتی خواهد بود که نقطه **p** در واحد زمان طی می کند و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید.

$$V = \pi \times d \times n$$



شکل ۸-۵

$$V = \text{سرعت محیطی} \quad \frac{m}{s}$$

$$d = \text{قطر دوران (m)}$$

$$n = \text{تعداد دوران} \quad \frac{1}{s}$$

رابطه فوق نشان می دهد که سرعت محیطی نقاط مختلف یک جسم دوار به قطر و تعداد دوران آن بستگی دارد، به نحوی که با ثابت ماندن تعداد دوران، نقطه ای که به محور چرخش نزدیک تر است، سرعت محیطی کمتر و نقطه ای که از محور چرخش دورتر است دارای سرعت محیطی بیشتری خواهد بود.

**توجه:** یکی دیگر از واحدهای مورد استفاده برای سرعت محیطی متر بر دقیقه (m/min) است.

مثال: در شکل ۹-۵ چرخ زنجیری به قطر **400 mm** در هر دقیقه ۶۰۰ دور می زند، سرعت زنجیر را بر حسب **m/s** بدست آورید.



شکل ۹-۵

$$d = 400 \text{ mm}$$

$$n = 600 \cdot \frac{1}{min} = 600 \div 60 = 10 \quad \frac{1}{s}$$

$$d = 400 \text{ mm} = 0.4 \text{ m}$$

$$V = \pi \times d \times n$$

$$V = 3.14 \times 0.4 \times 10 = 12.56 \quad \frac{m}{s}$$



فعالیت

میل لنگی به قطر ۸۰ mm در هر دقیقه ۱۰۰۰ دور می زند. سرعت تسمه تایم متصل به آن را بر حسب m/s محاسبه کنید.

پاسخ : .....

.....

### انتقال حرکت به وسیله تسمه

از تسمه و چرخ تسمه برای انتقال حرکت و توان از یک محور محرک به یک یا چند محور متحرک که فاصله زیادی از هم دارند استفاده می شود.

#### نسبت انتقال حرکت ساده

اگر دو چرخ تسمه محرک و متحرک با تسمه ای بدون لغزش به یکدیگر مرتبط شوند دوران و گشتاور از چرخ محرک به چرخ متحرک منتقل شده و بسته به تغییر قطر دو چرخ تسمه، دوران و گشتاور در چرخ متحرک تغییر می کند. در این انتقال حرکت، سرعت محیطی چرخ محرک، چرخ متحرک و تسمه مساوی است و محاسبات آن مطابق روابط زیر است.

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 \\ \pi \times n_1 \times d_1 &= \pi \times n_2 \times d_2 \\ n_1 \times d_1 &= n_2 \times d_2 \\ \frac{n_1}{n_2} &= \frac{d_2}{d_1} \end{aligned} \quad \begin{aligned} n_1 &= \text{دوران چرخ محرک} \\ n_2 &= \text{دوران چرخ متحرک} \\ d_1 &= \text{قطر چرخ محرک} \\ d_2 &= \text{قطر چرخ متحرک} \end{aligned}$$

در روابط بالا نسبت دور چرخ محرک به چرخ متحرک را نسبت انتقال می نامند و آن را با  $i$  نشان می دهند.

$$\text{نسبت انتقال حرکت} = \frac{\text{تعداد دوران چرخ محرک}}{\text{تعداد دوران چرخ متحرک}} \rightarrow i = \frac{n_1}{n_2}$$

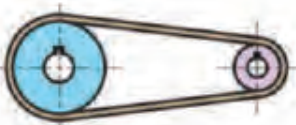


$$\text{نسبت انتقال حرکت} = \frac{\text{قطر چرخ متحرک}}{\text{قطر چرخ محرک}} \rightarrow i = \frac{d_1}{d_2}$$

نسبت انتقال به دلیل یکی بودن یکاهای صورت و مخرج کسر بدون یکا است.



نکته

در محاسبات نسبت انتقال حرکت باید مقدار کسر ساده شود تا مخرج کسر عدد یک شود. مقدار نسبت انتقال بین محور محرک و متحرک نشان می دهد که تعداد دوران محور متحرک کم، زیاد یا بدون تغییر می گردد. شکل ۱۰ - ۵ این تغییرات را نشان می دهد.

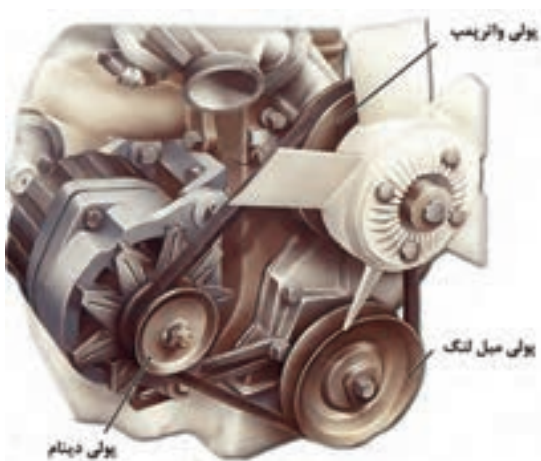
$i < 1$	$i = 1$	$i > 1$
دوران چرخ متحرک زیاد می شود	دوران تغییر نمی کند	دوران چرخ متحرک کم می شود
		
چرخ متحرک      چرخ محرک	چرخ متحرک      چرخ محرک	چرخ متحرک      چرخ محرک

شکل ۱۰-۵-نسبت انتقال

با توجه به رابطه نسبت انتقال نشان داده شده در بالا در مورد تغییرات نیروی پیچشی انتقالی توسط مکانیزم تسمه و پولی در حالت های مختلف بحث و بررسی کنید.



بحث کلاسی



شکل ۱۱-۵

در موتور خودرویی مطابق شکل ۱۱ - ۵، در صورتی که قطر پولی میل لنگ برابر ۱۴۰ میلی متر، تعداد دور آن ۱۶۰۰ دور بر دقیقه باشد، و قطر پولی دینام ۶۵ میلی متر، تعداد دوران پولی واتر پمپ برابر ۱۲۰۰ دور بر دقیقه باشد موارد زیر را محاسبه کنید:

الف) تعداد دوران دینام

پاسخ : .....

.....

ب) سرعت حرکت تسمه

پاسخ : .....

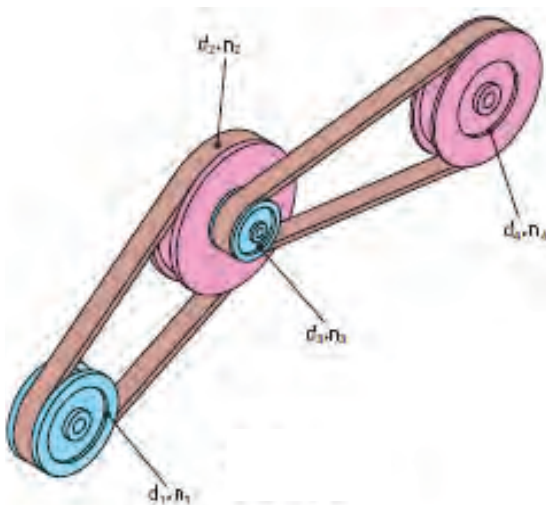
.....



فعالیت

## نسبت انتقال حرکت به وسیله چرخ تسمه مرکب

انتقال حرکت مرکب از دو نسبت انتقال حرکت ساده تشکیل می شود.



شکل ۱۲-۵- چرخ تسمه مرکب

- $d_1$  و  $d_2$  = قطر چرخ های محرک
- $d_3$  و  $d_4$  = قطر چرخ های متحرک
- $n_1$  = تعداد دوران اولین چرخ محرک
- $i_1$  = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۱ و ۲
- $i_2$  = نسبت انتقال بین چرخ تسمه ۳ و ۴
- $n_1$  و  $n_2$  = تعداد دوران چرخ های محرک
- $n_3$  و  $n_4$  = تعداد دوران چرخ های متحرک
- $n_e$  = تعداد دوران آخرین چرخ متحرک
- $i$  = نسبت کلی انتقال

$$i = i_1 \times i_2$$

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1}$$

$$i_2 = \frac{d_4}{d_3}$$

$$\Rightarrow i = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$

$$i_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_2 = \frac{n_4}{n_3}$$

$$\Rightarrow i = \frac{n_2 \times n_4}{n_1 \times n_3}$$

با توجه به اینکه چرخ تسمه ۲ و ۳ هم محور هستند و هر دو با تعداد دوران برابری می چرخند می توان آنها را از صورت و مخرج حذف کرد؛ بنابراین:

$$i = \frac{n_1}{n_e}$$

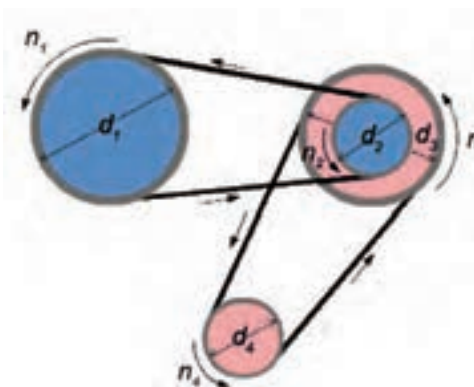
اگر تعداد دوران اولین محور محرک با  $n_a$  و آخرین محور متحرک با  $n_e$  نشان داده شود؛ بنابراین:

$$i = \frac{n_a}{n_e} = \frac{\text{تعداد دوران محور محرک اولی}}{\text{تعداد دوران محور متحرک آخری}}$$

از مساوی بودن رابطه نسبت انتقال با تعداد دورها و قطرهای نتیجه می شود:

$$i = \frac{n_a}{n_e} = \frac{n_1}{n_e} = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$





شکل ۵-۱۳- چرخ تسمه مرکب

با توجه به شکل ۵-۱۳، در صورتی که:

$$d_p = 50 \text{ mm}, n_1 = 1000 \text{ rpm}, d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$d_p = 60 \text{ mm}, d_2 = 110 \text{ mm}$$

محاسبه کنید.

الف) نسبت انتقال بین پولی اول و دوم

پاسخ : .....

ب) نسبت انتقال بین پولی اول و چهارم

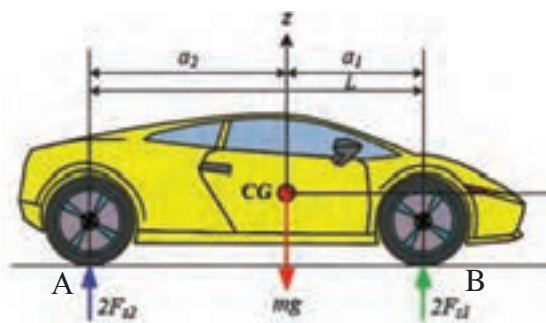
پاسخ : .....

ج) سرعت دورانی پولی چهارم

پاسخ : .....

### محاسبات استاتیکی

نیروهای وارد بر خودرو در حال حرکت و خودرو در حال سکون از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند، به نحوی که پایداری خودرو به نحوه و مقدار نیروهای اعمالی به خودرو بستگی دارد. در این بخش برخی نیروهای وارد بر خودرو در حال سکون مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل ۵-۱۴- نیروهای وارد بر خودرو در حال سکون

### نیروی وارد بر خودرو در حال سکون

شکل ۵-۱۴ خودرویی در حالت سکون را نشان می دهد.

نیروهای وارد بر خودرو در این حالت، بار اعمالی به

چرخ های جلو و عقب است.

$mg$ : وزن خودرو؛  $CG$ : مرکز ثقل خودرو؛  $a_1$ : فاصله

پولی مرکز چرخ جلو تا مرکز ثقل خودرو؛  $a_p$ : فاصله

پولی مرکز چرخ عقب تا مرکز ثقل خودرو؛  $F_{Z_1}$  و

$F_{Z_p}$ : نیروهای عمودی وارد بر چرخ؛  $a_p + I = a_1$ : فاصله

مرکز چرخ جلو تا مرکز چرخ عقب.

با توجه به شکل ۵-۱۴ برای محاسبه نیروی وارد بر هر چرخ به صورت زیر انجام می شود.

### محاسبه نیروی وارد بر چرخ های جلو

برای این منظور می توان حول مرکز محل تماس چرخ های عقب با زمین گشتاورگیری کرد. با علم به اینکه

مجموع گشتاورگیری حول این نقطه برابر صفر است.

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow (F_{Z_1} \cdot L) - (mg \cdot a_p) = 0$$

$$F_{Z_1} = \frac{mg \cdot a_p}{L}$$



از این رو نیروی وارد بر هر چرخ جلو در حالت سکون مطابق رابطه زیر برابر نصف نیروی وارد بر چرخ های جلو خواهد بود.

$$\text{نیروی وارد بر هر چرخ جلو} = \frac{1}{2} \cdot F_{z_1} = \frac{mg \cdot a_2}{L}$$

### محاسبه بار وارد بر چرخ های عقب خودرو

برای محاسبه بار وارد بر چرخ های عقب نیز مشابه چرخ های جلو عمل کرده و این بار حول مرکز محل تماس چرخ های جلو با زمین گشتاورگیری می شود.

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow (F_{z_2} \cdot L) - (mg \cdot a_1) = 0$$

$$\Rightarrow F_{z_2} = \frac{mg \cdot a_1}{L}$$

از این رو بار وارد بر هر چرخ عقب در حالت سکون مطابق رابطه زیر برابر نصف بار وارد بر چرخ های عقب خواهد بود.

$$\text{نیروی وارد بر هر چرخ عقب} = \frac{1}{2} \cdot F_{z_2} = \frac{mg \cdot a_1}{L}$$



دانستی ها

مرکز ثقل خودرو:

گرانیه یا مرکز ثقل یک شیء، نقطه مشخصی است که در بسیاری از مسائل سیستم طوری رفتار می کند که گویی همه جرم آن شیء در آن نقطه متمرکز است.

مفهوم مرکز ثقل را نخستین بار ارشمیدس مطرح کرد. ارشمیدس نشان داد که گشتاور اعمال شده روی یک اهرم به وسیله قرار دادن وزنه ها روی نقاط گوناگون در امتداد اهرم، همان نیرویی است که به اهرم وارد می شود، اگر تمام وزنه ها روی یک نقطه قرار می گرفت.

قانون گشتاورها:

در یک جسم متعادل، جمع گشتاورهای پاد ساعتگرد با جمع گشتاورهای ساعتگرد حول هر نقطه دلخواه برابر است.

جسمی را در حال تعادل گویند که هر دو شرط زیر در مورد آن درست باشد:

- برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.
- جمع گشتاورهای ساعتگرد حول هر نقطه برابر گشتاورهای پاد ساعتگرد حول همان نقطه باشد.



فعالیت

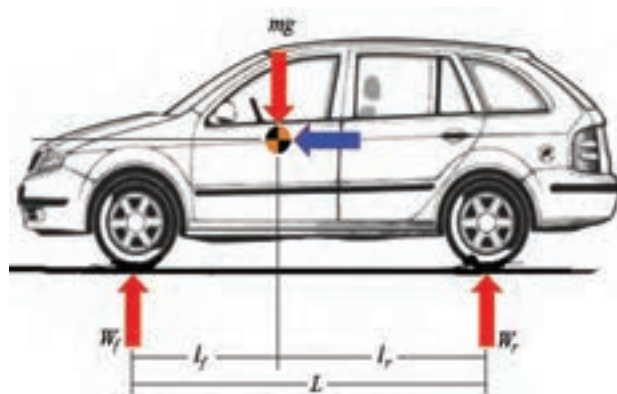
نیروهای وارد بر چرخ های جلو و عقب خودرو نشان داده شده در شکل را محاسبه کنید.

$$L_r = 200 \text{ cm}, L_f = 140 \text{ cm}, M = 1000 \text{ Kg}$$

پاسخ : .....

.....

.....



شکل ۱۵-۵- نیروهای وارد بر خودروی ساکن

آیا تا به حال به تابلوی راهنمایی رانندگی که بار مجاز روی هر محور را نشان می دهد، توجه کرده اید؟



فکر کنید

به نظر شما رابطه ای بین این تابلو و محاسبات مربوط به بار روی هر چرخ که محاسبه شده، وجود دارد؟

پاسخ : .....

.....



شکل ۱۶-۵- عبور با بار بیش از ۲/۴ تن بر هر محور ممنوع

## سیالات

قابلیت انتقال نیرو و انجام کار توسط مایعات سبب استفاده از آنها در سیستم‌های هیدرولیکی می‌شود. از این رو هیدرولیک را می‌توان اینگونه تعریف کرد:

« علم استفاده از مایعات به منظور انتقال و کنترل نیرو و حرکت »

به عبارت دیگر هیدرولیک را می‌توان علم مایعات نامید. کاربرد وسیع سیستم‌های هیدرولیکی در صنایع مختلف مانند ماشین‌سازی، ساختمان‌سازی، هوایی نشان اهمیت بالای این علم در جهان امروز است. در این بخش به توضیح برخی از قوانین حاکم بر سیالات که کاربردهای فراوانی در خودرو و صنایع وابسته به آن دارد پرداخته می‌شود.

## قانون پاسکال

بیش از ۳۰۰ سال قبل دانشمند فرانسوی بلز پاسکال (۱۶۴۲-۱۶۴۳ میلادی) آزمایش‌هایی را در زمینه سیالات تحت فشار انجام داد که منجر به کشف یکی از قوانین پایه ای هیدرولیک شد. آزمایش‌های پاسکال دو مشخصه سیال را زمانی که داخل یک محیط و محفظه بسته تحت فشار قرار گرفته است را مشخص کرد، که به قانون پاسکال معروف شد و به شرح زیر است:

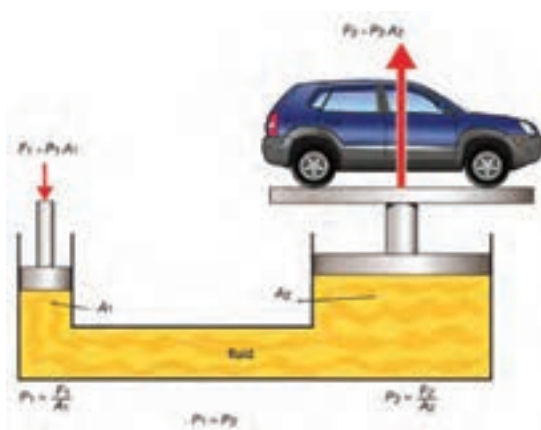
فشاری که به سیال در یک سیستم بسته وارد می‌شود به صورت مساوی در تمامی جهات منتقل شده و این فشار با نیروی یکسان به تمام نقاط سیستم وارد می‌گردد، که این فشار از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$P = \frac{F}{A}$$

$F =$  نیرو بر حسب (N)  
 $P =$  فشار بر حسب (N/m<sup>۲</sup>)  
 $A =$  سطح مقطع بر حسب (m)

## کاربرد قانون پاسکال

از کاربردهای مهم قانون پاسکال، در سیستم‌های هیدرولیکی است که از یک سیال در محفظه بسته به منظور اعمال فشار استفاده می‌شود. از جمله آنها در خودرو و صنایع مربوط به آن می‌توان به جک‌های هیدرولیکی، سیستم‌های ترمز هیدرولیکی و... اشاره کرد؛ به عنوان مثال شکل ۱۷-۵ یک سیستم جک هیدرولیکی را نشان می‌دهد. با اعمال نیروی رو به پایین  $F_1$  در پیستون سمت چپ (پیستون کوچکتر) فشاری معادل  $F_2 = \frac{F_1}{P}$  در سیال ایجاد می‌شود.



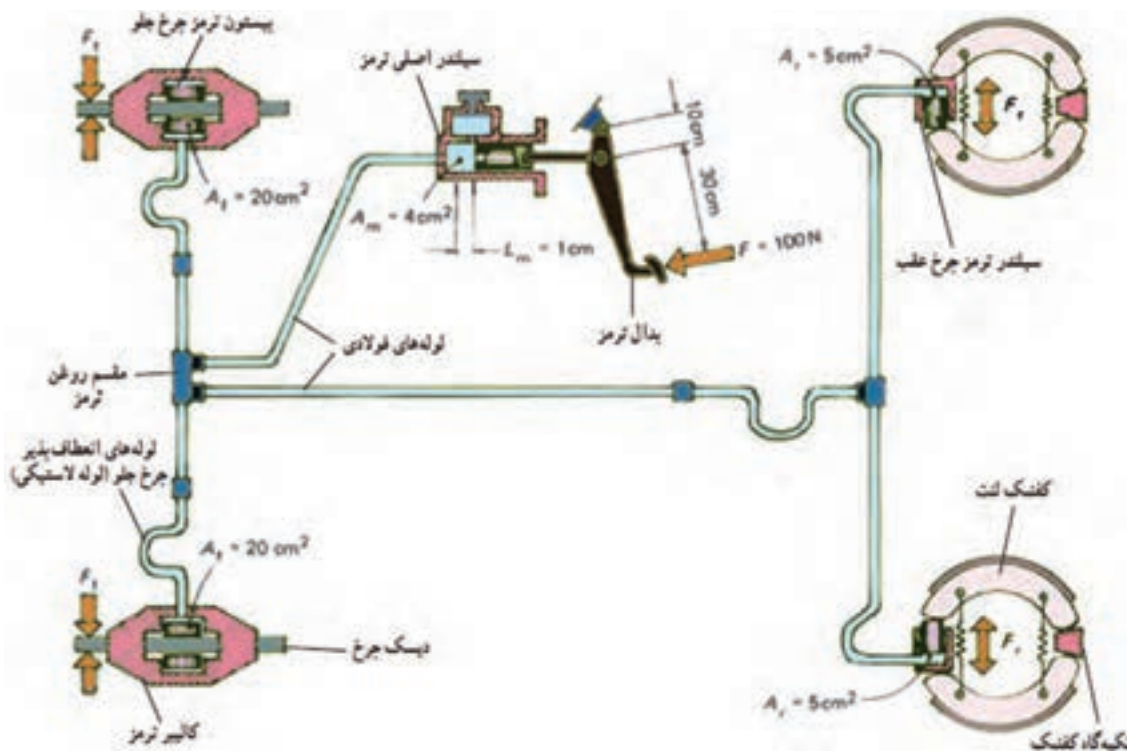
شکل ۱۷-۵- جک هیدرولیکی

با توجه به قانون پاسکال که بیان می کند فشار اعمالی در همه جهات و نقاط سیال برابر می شود. رابطه زیر بین نیروها و فشارهای اعمالی به دو پیستون وجود دارد.

$$\begin{aligned} P_l &= \frac{F_l}{A_l} \\ P_r &= \frac{F_r}{A_r} \end{aligned} \quad \begin{aligned} P_l = P_r &\Rightarrow \frac{F_l}{A_l} = \frac{F_r}{A_r} \Rightarrow F_r = \frac{F_l \times A_r}{A_l} \\ &\Rightarrow F_r > F_l \end{aligned}$$

با توجه به روابط فوق می توان نتیجه گرفت که با اعمال نیروی کوچک  $F_1$  در یک جک هیدرولیکی نیروی بزرگتری برابر  $F_2$  را ایجاد کرد.

مثال: شکل ۱۸-۵ مدار هیدرولیکی سیستم ترمز یک خودرو را نشان می دهد، نیروی اعمالی به سیلندر ترمز هر چرخ را محاسبه کنید.



شکل ۱۸-۵- مدار هیدرولیکی سیستم ترمز

مطابق شکل ۱۸ - ۵ میزان نیروی پای راننده ( $F=100N$ ) برای ایجاد نیروی ترمزی ( $F_s=mv^2$ ) به منظور متوقف کردن خودرو کافی نیست؛ بنابراین نیروی پای راننده با اهرم بندی پدال ترمز مطابق اصل گشتاورها، افزایش می یابد.

$$F_1 \times a = F_2 \times b \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 \times a}{b} \quad F_2 = \frac{100 \times 0.3}{0.1} = 300N$$

$F_1$  = نیروی پای راننده بر حسب (N)  
 $F_2$  = نیروی اعمالی به سیلندر اصلی ترمز (N)  
 $a$  = فاصله محل اعمال نیروی پای راننده تا تکیه گاه (m)  
 $b$  = فاصله محل اعمال نیروی اعمالی به سیلندر اصلی تا تکیه گاه پدال ترمز (m)

با توجه به قانون پاسکال مطابق شکل ۱۷-۵ پیستون سیلندر اصلی تحت نیروی  $F_2=300N$  به سمت جلو حرکت می کند و مایع هیدرولیک ترمز تحت فشار قرار می گیرد. با توجه به قانون پاسکال نیروی اعمالی به چرخ های جلو و عقب مطابق روابط ذکر شده محاسبه می شود.

$F_m$  = نیروی اعمالی به سیلندر اصلی (N)  
 $A_m$  = سطح مقطع سیلندر اصلی ( $m^2$ )  
 $F_f$  = نیروی اعمالی به چرخ های جلو (n)  
 $A_f$  = سطح مقطع سیلندر چرخ جلو  
 $F_r$  = نیروی اعمالی به چرخ های عقب (N)  
 $A_r$  = سطح مقطع سیلندر چرخ عقب

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_f}{A_f} = \frac{F_r}{A_r}$$

$$\frac{F_m}{A_m} = \frac{F_f}{A_f} \Rightarrow F_f = \frac{F_m \times A_f}{A_m} = \frac{300 \times 0.02}{0.04} \Rightarrow F_f = 1500N$$

$$\frac{F_m}{A_m} = \frac{F_r}{A_r} \Rightarrow F_r = \frac{F_m \times A_r}{A_m} = \frac{300 \times 0.05}{0.04} \Rightarrow F_r = 375N$$

باتوجه به محاسبات اشاره شده می توان نتیجه گرفت که فشار اعمالی به چرخ های جلو و عقب یکسان است، اما نیروی ترمز اعمالی به لنت چرخ های جلو بسیار بیشتر از نیروی اعمالی به لنت چرخ های عقب است. همچنین هر دو نیروی ترمزی چرخ های جلو و عقب در مقایسه با نیروی پای راننده بسیار بیشتر هستند.

در مورد تفاوت میزان نیروی ترمزی چرخ های جلو و عقب خودرو بحث و گفت و گو کنید.

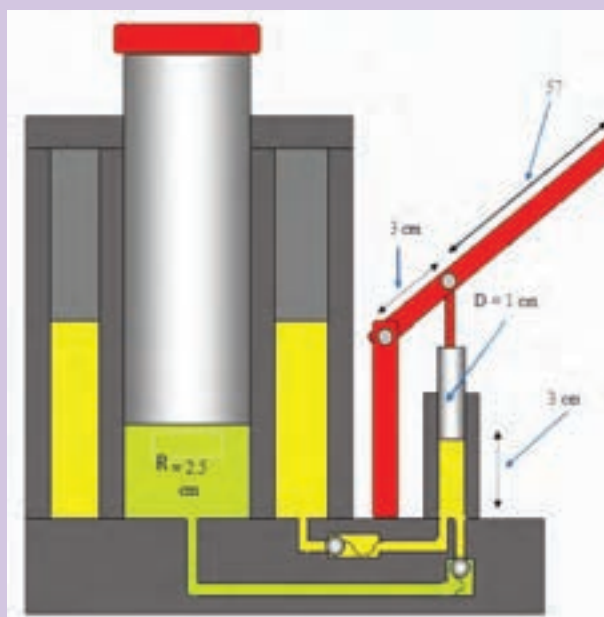


بحث کلاسی

شکل ۱۹-۵، جک هیدرولیکی را نشان می دهد. در صورتی که نیروی ۱۰۰ نیوتن به سر اهرم جک اعمال شود، فشار و نیروی تولیدی روی پیستون بزرگ جک را محاسبه کنید.



فعالیت



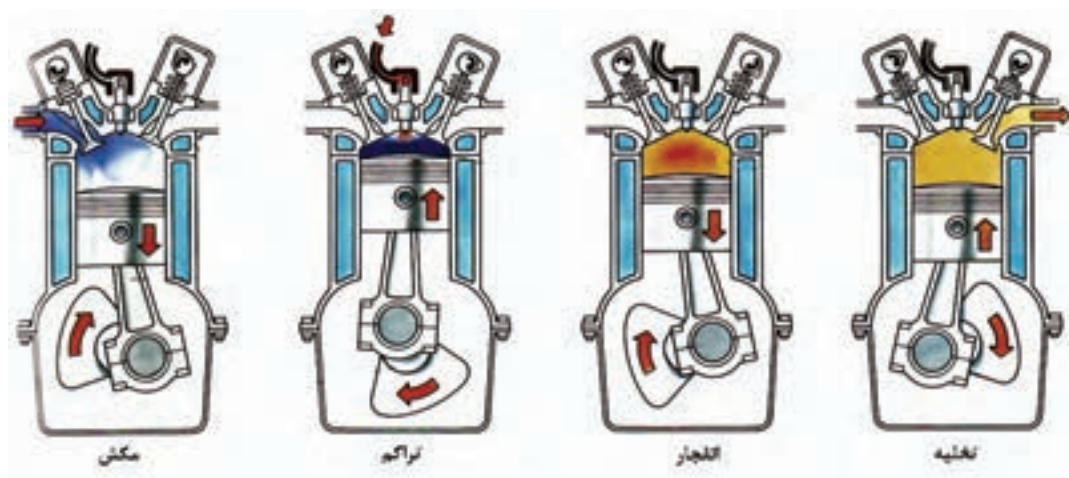
شکل ۱۹-۵- جک هیدرولیکی

## محاسبات سیلندر

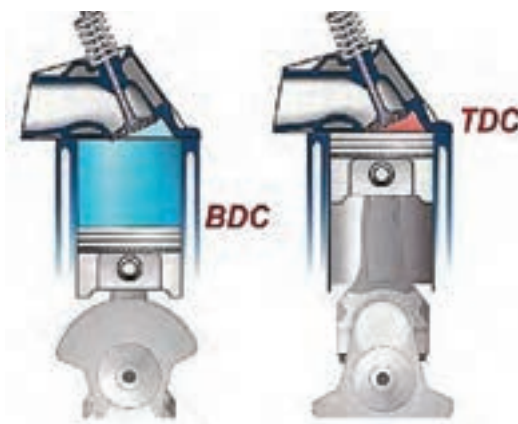
اصطلاحات فنی موتور

در ابتدای این بخش به بیان چند نمونه از اصطلاحات فنی پر کاربرد در محاسبات موتور پرداخته می شود.

۱. سیکل: به مجموع چهار زمان کامل موتور شامل مکش، تراکم، احتراق و تخلیه گفته می شود.



شکل ۲۰-۵- چهار مرحله کاری موتور



شکل ۲۱-۵- نقطه مرگ بالا و پایین

۲. نقطه مرگ پایین (ن.م.پ) (BDC): در مسیر حرکت پیستون پایین ترین نقطه ای است که در آنجا سرعت پیستون صفر شده و تغییر جهت حرکت می دهد. (شکل ۲۱-۵).

۳. نقطه مرگ بالا (ن.م.ب) (TDC): در مسیر حرکت پیستون بالاترین نقطه ای است که در آنجا سرعت پیستون صفر شده و تغییر جهت می دهد (شکل ۲۱-۵).

## محاسبه سطح پیستون

پیستون قطعه ای استوانه ای شکل است که در داخل سیلندر حرکت رفت و برگشتی می کند. مقطع پیستون تقریباً دایره ای شکل است. اگر قطر پیستون را با  $D$ ، شعاع را با  $R$  و سطح پیستون را با  $A$  نمایش دهیم رابطه زیر برقرار خواهد بود.

$A = \pi r^2 = \pi D^2/4$	<p><math>A</math>: سطح پیستون بر حسب (<math>m^2</math>)</p> <p><math>r</math>: شعاع پیستون بر حسب (<math>m</math>)</p> <p><math>D</math>: قطر پیستون بر حسب (<math>m</math>)</p>
---------------------------	--

مثال: مساحت کف پیستونی با قطر  $80 \text{ mm}$  چند سانتی متر مربع است؟

پاسخ:

$$A = \pi D^2/4$$

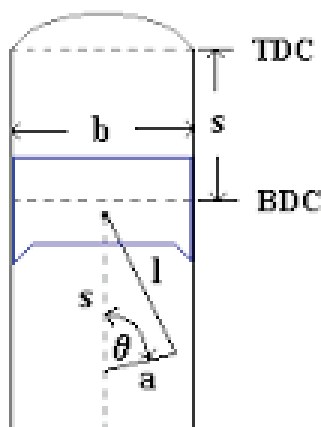
$$A = (3.14 * 8^2)/4 = 50.24 \text{ cm}^2$$

در صورت یکسان بودن قطر پیستون ها در مورد میزان سطح آنها در محاسبات سطح پیستون بحث و بررسی کنید.



بحث کلاسی

پیستون با سطح محدب	پیستون با سطح مقعر	پیستون سطح صاف



شکل ۲۲-۵- کورس پیستون

**کورس پیستون:** با توجه به شکل ۲۲-۵، به فاصله بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین که پیستون حرکت می کند، کورس یا طول جابجایی پیستون می گویند و با حرف  $S$  نمایش داده می شود.

مطابق شکل ۲۲-۵ می توان نتیجه گرفت که کورس حرکت پیستون برابر با قطر دایره لنگ میل لنگ است.

$$S=D$$



نکته



### حجم مفید یا جابجایی سیلندر ( $V_s$ )

حجم مفید یا جابجایی سیلندر موتور فضایی است بین دو نقطه مرگ بالا و پایین که پیستون در این فضا حرکت رفت و برگشتی دارد. مطابق شکل ۲۲ - ۵. محاسبه حجم مفید سیلندر از حاصلضرب سطح قاعده پیستون در کورس آن محاسبه می گردد.

$$V_s = A.S = (\pi D^2/4) . S$$

اگر قطر سیلندری ۸۰ mm و کورس پیستون ۷۰ mm باشد، محاسبه کنید:  
الف) سطح پیستون بر حسب  $cm^2$

پاسخ: .....

ب) حجم مفید سیلندر بر حسب لیتر

پاسخ: .....



فعالیت

تذکر: سطح پیستون‌هایی که به صورت برآمده و یا فرو رفته است در محاسبه حجم مفید سیلندر تغییری به وجود نمی آورد.

حجم تراکم ( $V_c$ ) به فضای بین پیستون و سرسیلندر، زمانی که پیستون در نقطه مرگ بالا قرار دارد گفته می شود.

حجم کل سیلندر ( $V_t$ ): مجموع حجم مفید و حجم تراکم است که به صورت زیر بیان می شود.

$$V_t = V_s + V_c$$

مثال: شعاع سیلندر موتور ۵ cm و کورس آن ۱۰ cm است. در صورتی که حجم تراکم سیلندر ۸۰ cm<sup>۳</sup> باشد، محاسبه کنید:

الف- مساحت کف پیستون بر حسب cm<sup>۲</sup>

ب- حجم کل سیلندر بر حسب cm<sup>۳</sup>

$$R = 5 \text{ cm}, s = 10 \text{ cm}, v_c = 80 \text{ cm}^3$$

$$A = ? \text{ cm}^2, V_t = ? \text{ cm}^3$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2 = 3.14 \times 5^2 = 78.5 \text{ cm}^2$$

$$V_t = V_s + V_c$$

$$V_s = A \times S = 78.5 \times 10 = 785 \text{ cm}^3$$

$$V_t = 80 + 785 = 865 \text{ cm}^3$$

حجم کل سیلندر موتوری (۶۰۰ cm<sup>۳</sup>)، حجم تراکم آن (۹۷/۶ cm<sup>۳</sup>) و کورس پیستون (۱۰ cm) است. مطلوبست:

الف) حجم مفید سیلندر بر حسب سانتی متر مکعب

پاسخ: .....

ب) سطح پیستون بر حسب سانتی متر مربع

پاسخ: .....

ج) قطر پیستون بر حسب میلی متر

پاسخ: .....



فعالیت

### حجم مفید موتور ( $V_E$ )

حجم مفید موتور که به آن حجم جابجایی کل موتور نیز گفته می شود، از حاصل ضرب تعداد سیلندر در حجم جابجایی یک سیلندر بدست می آید. حجم جابجایی کل موتور به صورت لیتر یا سانتی متر مکعب مشخص می شود و معمولاً این اعداد را به صورت برچسب یا پلاک روی بدنه خودرو نصب می کنند. برای مثال عدد ۲۰۰۰ روی خودرو پژو ۴۰۵ و یا عدد ۱۷۰۰ روی بدنه خودرو سمند موتور ملی (EF7) نشان دهنده این حجم است.

برای محاسبه حجم مفید موتور در ابتدا باید حجم مفید یک سیلندر ( $V_s$ ) را محاسبه کرد. سپس حاصل را در تعداد سیلندرها ( $K$ ) ضرب کرد که به این طریق روابط زیر استخراج می شود.

$$V_E = V_s \times k$$

$$V_E = A \times S \times k$$

$$V_E = \pi \frac{D^2}{4} \times S \times k$$

### نسبت تراکم ( $V_c$ )

نسبت تراکم نسبت حجم کل به حجم تراکم سیلندر است. در مرحله تراکم پیستون از نقطه مرگ پایین حرکت کرده و مخلوط هوا و سوخت داخل سیلندر را متراکم کرده تا به نقطه مرگ بالا می رسد. در این مرحله هردو سوپاپ دود و هوا بسته است. در نتیجه مخلوط هوا و سوخت در محفظه و احتراق فشرده می شود و فشار درون سیلندر افزایش یافته و بیشترین مقدار تراکم به وجود می آید. به بیان ساده تر نسبت بیشترین حجم به کمترین حجم سیلندر را نسبت تراکم گویند. از مطالب فوق می توان روابط زیر را برای نسبت تراکم استخراج کرد.

$$R_c = \frac{V_t}{V_c} = \frac{V_s + V_c}{V_c} \quad V_c = \frac{V_s}{(R_c - 1)}$$

$$V_s = V_c (R_c - 1)$$

مثال: حجم مفید سیلندری را که نسبت تراکم آن ۱۰:۱ و حجم تراکم آن ( $60 \text{ cm}^3$ ) است را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$V_c = 60 \text{ cm}^3 \quad V_s = V_c (R_c - 1) = 60(10 - 1) = 540 \text{ cm}^3$$

$$R_c = 10:1$$

$$V_s = ? \text{ cm}^3$$

نسبت تراکم موتوری که قطر هر سیلندر آن ( $80 \text{ mm}$ ) و کورس پیستون آن ( $60 \text{ mm}$ ) و حجم تراکم هر سیلندر آن ( $49 \text{ cm}^3$ ) باشد، چقدر است؟



فعالیت

## کار پیستون

نیروی ایجاد شده روی پیستون در کورس جابجایی پیستون را کار پیستون گویند که با آزاد شدن نیروی شیمیایی سوخت در مرحله کار یا انفجار ایجاد می شود. از این رو پیستون تحت این نیروی فشاری زیاد حرکت می کند.

$W = F_m \cdot S = P_m \cdot A \cdot S$	<p><b>W</b>: کار پیستون بر حسب ژول</p> <p><b>A</b>: سطح مقطع پیستون بر حسب (m<sup>۲</sup>)</p> <p><b>S</b>: کورس پیستون بر حسب (m)</p> <p><b>F<sub>m</sub></b>: نیروی متوسط روی سطح پیستون بر حسب (N)</p> <p><b>P<sub>m</sub></b>: فشار متوسط احتراق بر حسب (N/m<sup>۲</sup>)</p>
---	---

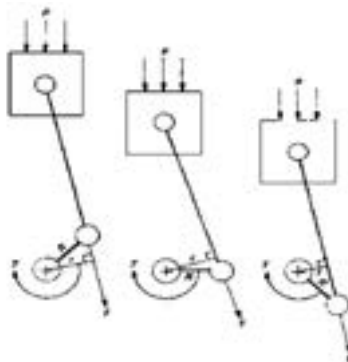
کار پیستونی که دارای قطری برابر با ۱۰ سانتی متر، کورس پیستون ۷۴ میلی متر و فشار متوسط احتراقی برابر با ۴۰ اتمسفر بر آن وارد می شود را محاسبه کنید.



فعالیت

## گشتاور موتور

گشتاور موتور یا نیروی چرخشی میل لنگ از حاصلضرب نیروی وارد شده به پیستون در شعاع لنگ روی میل لنگ حاصل می شود.



شکل ۲۳-۵- گشتاور موتور

$M = F_m \cdot R$	<p><b>M</b>: گشتاور موتور بر حسب (NM)</p> <p><b>F<sub>m</sub></b>: نیروی وارد به سطح پیستون (N)</p> <p><b>R</b>: شعاع لنگ میل لنگ</p>
-------------------	---

گشتاور موتوری که دارای قطری برابر با ۱۰ سانتی متر، کورس پیستون ۷۴ میلی متر و فشار متوسط احتراقی برابر با ۵۰ اتمسفر بر آن وارد می شود را محاسبه کنید.



فعالیت

گشتاور موتور مقدار ثابتی نبوده و با تغییر شرایط کاری موتور از جمله دور موتور تغییر می کند.



نکته

## توان خروجی یا توان مفید موتور

مقدار توانی که از طریق فلاپویل به سیستم انتقال قدرت منتقل می شود را توان مفید یا توان خروجی موتور گویند. این توان با استفاده از دستگاه دینامومتر قابل اندازه گیری است. با اندازه گیری گشتاور خروجی از فلاپویل در دور معینی می توان توان مفید را مطابق رابطه زیر محاسبه کرد.

$$P_e = \frac{M \times n}{716}$$

$P_e$  = توان مفید موتور  
 $M$  = گشتاور موتور بر حسب (kg.m)  
 $n$  = دور موتور

$$P_e = \frac{M \times n}{9550}$$

$P_e$  = توان مفید موتور بر حسب (kw)  
 $M$  = گشتاور موتور بر حسب (N.m)  
 $n$  = دور موتور

قطر دهانه سیلندر موتور چهار زمانه چهار سیلندری برابر ۸۰ میلی متر و کورس پیستون آن ۱۰۰ میلی متر است. در صورتی که فشار متوسط احتراق روی پیستون ۹ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و دور موتور ۲۷۰۰ دور بر دقیقه باشد، تعیین کنید:

الف) حجم مفید سیلندره‌های موتور بر حسب لیتر

ب) نیروی مؤثر احتراق روی یک پیستون بر حسب کیلوگرم

ج) کار تئوری یک پیستون بر حسب کیلوگرم بر متر

د) توان مفید موتور بر حسب کیلو وات

د) در صورتی که دور موتور از ۲۷۰۰ دور بر دقیقه به ۳۷۰۰ دور بر دقیقه افزایش یابد توان مفید موتور را محاسبه کنید و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.



فعالیت

### دینامومتر

گشتاور و توان موتور از مشخصه‌های مهم در بررسی یک موتور محسوب می‌شوند. برای اندازه‌گیری توان و گشتاور موتور دینامومتر به میل لنگ متصل می‌شود تا توان و گشتاور موتور را اندازه‌گیری نماید.



شکل ۲۴ - ۵ - دینامومتر

### بخش ۳ - راندمان

راندمان یا بازده به شاخصی گفته می‌شود که نشان دهنده میزان هدر رفتن مواد، انرژی، سرمایه و زمان در انجام کارهاست. این مفهوم در شاخص‌های مختلف علوم از جمله مهندسی یک کمیت قابل سنجش است، که معمولاً به صورت نسبت میان "خروجی مفید" به "ورودی کل" تعریف می‌شود و معمولاً به صورت درصد بیان می‌گردد. راندمان را می‌توان به صورت نسبت توان مفید به توان تئوری و یا کار مفید به کار تئوری نیز بیان کرد. از جمله راندمان‌های مهم در خودرو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- راندمان حرارتی موتور
  - راندمان مکانیکی جعبه دنده
  - راندمان الکتریکی
- در ادامه به بررسی راندمان‌های فوق پرداخته می‌شود.

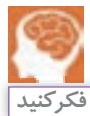
## راندمان حرارتی موتور



شکل ۲۵-۵- راندمان حرارتی موتور

راندمان حرارتی موتور به صورت نسبت انرژی حرکتی تولیدی موتور به انرژی حرارتی سوخت مصرفی موتور است.

آیا می‌دانید چند درصد از انرژی سوخت مصرفی برای تولید انرژی حرکتی خودرو بکار گرفته می‌شود.



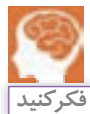
### راندمان حجمی موتور:

معمولاً سیلندره‌ای موتور به طور کامل از هوا و سوخت پر نمی‌شوند. برخی از دلایل مهم پر نشدن سیلندره‌ای موتور از هوا و سوخت در زمان مکش عبارت‌اند از: کوچک بودن مجرای ورودی سوخت و هوا، کم بودن زمان مکش، لقی سوپاپ‌ها

راندمان حجمی عبارت است از: نسبت جرم گاز پر شده در سیلندر در شرایط عملی به جرم هوا و سوختی که در شرایط تئوری حجم سیلندر را پر می‌کند.

$$\eta_v = \frac{\text{حجم گاز پر شده در سیلندر در حالت عملی}}{\text{حجم گاز پر شده در سیلندر در حالت تئوری}} \times 100 \quad \eta_v = \text{راندمان حجمی موتور}$$

راندمان حجمی موتور در حالت تمام بار در دور بالا بیشتر است یا در دور پایین، چرا؟

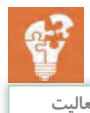


### راندمان مکانیکی موتور

راندمان مکانیکی موتور مطابق معادله زیر، نسبت توان خروجی به توان تئوری موتور است.

$$\eta_m = \frac{\text{توان خروجی موتور}}{\text{توان تئوری موتور}} \times 100 \quad \eta_m = \text{راندمان مکانیکی موتور}$$

توان ترمزی موتوری برابر با ۷۵ کیلو وات و توان تئوری این موتور برابر با ۱۲۰/۷ اسب بخار است. راندمان مکانیکی این موتور را محاسبه کنید.



## فعالیت های آخر فصل

۱- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... m	.....	۱۲۰ cm	..... m	.....	۱۴ km
..... m	.....	۲۴۰ mm	..... m	.....	۴۲۰ $\mu$ m
..... m	.....	۱۷,۵ dm	..... m	.....	۲۳ dam
..... m	.....	۲۰ hm	..... m	.....	۱۴/۷ cm
..... cm	.....	۱۶,۵ mm	..... cm	.....	۱۴ dm
..... cm	.....	$\frac{۱}{۴}$ m	..... cm	.....	$\frac{۲}{۴}$ m
..... dm	.....	۲,۰۲۱ m	..... dm	.....	۱۲۵ mm
..... dm	.....	$\frac{۶}{۲}$ km	..... dm	.....	$\frac{۲۸}{۹}$ hm
..... mm	.....	۱۹,۶ cm	..... mm	.....	۱۲۴ $\mu$ m
..... mm	.....	۳,۵۱ dm	..... mm	.....	$\frac{۱}{۴}$ dm
..... $\mu$ m	.....	۲,۰۸ mm	..... $\mu$ m	.....	$\frac{۲}{۱}$ dm
..... $\mu$ m	.....	$\frac{۱}{۲}$ km	..... $\mu$ m	.....	$\frac{۵}{۱۵}$ cm

۲- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... mm	.....	$\frac{۱}{۴}$ in	..... mm	.....	$\frac{۵}{۴}$ in
..... cm	.....	$\frac{۷}{۸}$ in	..... cm	.....	$\frac{۵}{۸}$ in
..... m	.....	$\frac{۳}{۱۶}$ in	..... m	.....	$\frac{۵}{۱۶}$ in
..... cm	.....	$\frac{۱}{۲}$ in	..... cm	.....	$\frac{۱}{۲}$ in



۳- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
..... yd	.....	۱۲۰ m	..... in	.....	۱۲/۵ cm
..... mi	.....	۲۱۵۰ m	..... in	.....	۲۱۰ mm
..... ft	.....	۲/۳ m	..... in	.....	۴۵/۳ m

۴- مقادیر داده شده را بر حسب درجه بدست آورید.

الف)  $۳۴^{\circ}, ۱۲', ۴۸''$       ب)  $۲۲^{\circ}, ۳۵''$       ج)  $۱۲^{\circ}, ۵۲''$

۵- مقادیر خواسته شده را بر حسب درجه و دقیقه و ثانیه بدست آورید.

A	B	A+B	A-B
$۵۲^{\circ}, ۴۵', ۲۰''$	$۳۸^{\circ}, ۲۱', ۴۶''$		
$۴^{\circ}, ۲۵', ۲۴''$	$۲^{\circ}, ۴۵''$		

۶- تراکتور مطابق شکل زیر با سرعت  $۵۴ \text{ km/h}$  در حال حرکت است، در صورتی که قطر چرخ جلو  $۸۵ \text{ cm}$  و قطر چرخ عقب  $۱/۴ \text{ m}$  باشد، تعداد دوران هر چرخ را بر حسب دور بر دقیقه به دست آورید.



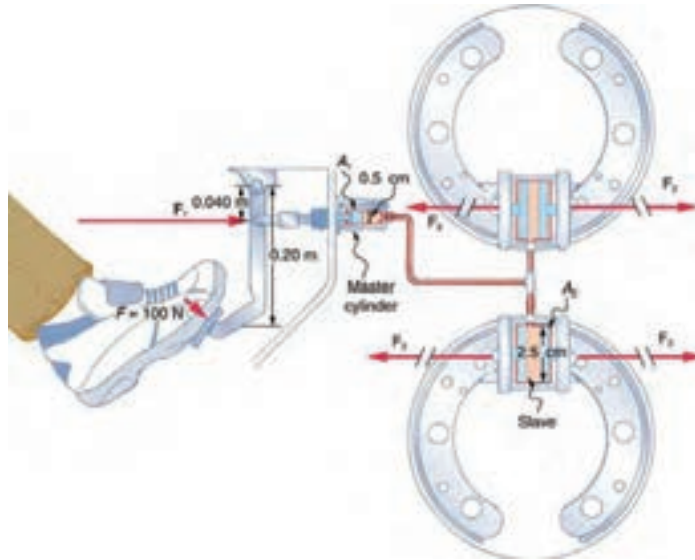
۷- در جدول زیر مقادیر خواسته شده را بدست آورید.

	الف	ب	ج
$d_1(\text{mm})$	۱۱۲	۲۵۰	۲۲۰
$d_2(\text{mm})$	۶۷۲	۱۸۰	۴
$d_3(\text{mm})$	۱۲۰	۲۲۲	۱۲۵
$d_4(\text{mm})$	۲۲۰	۴	۱۱۶
$n_1(\frac{1}{\text{min}})$	۱۲۲۰	۲۸۰	۳۱۵
$n_2(\frac{1}{\text{min}})$	۴	۱۲۰۰	۴
$i$	۴	۴	۰/۶

۸- در جدول زیر مقادیر خواسته شده را بدست آورید.

	الف	ب	ج
$d_1$	۱۸۰	۲۵۰	۱۱۲
$d_2$	۳۱۵	۵۰	۴
$n_1(\frac{1}{\text{min}})$	۸۰۰	۴	۴
$n_2(\frac{1}{\text{min}})$	۴	۱۲۰۰	۵۶۰
$i$	۴	۴	۲/۵

۹- با توجه به شکل، نیرو و فشار وارد بر سیلندر اصلی و سیلندر چرخ ها را محاسبه کنید.



۱۰- توان مفید موتور ۴ زمانه ای در دور  $2500 \text{ rpm}$  با راندمان مکانیکی ۸۵ درصد برابر با ۵۱ کیلووات است. مقدار توان تئوری را بر حسب کیلو وات محاسبه کنید.

۱۱- قطر دهانه سیلندر موتور چهار زمانه ۶ سیلندری ۸۰ میلی متر و کورس آن ۱۲۰ میلی متر است، چنانچه فشار متوسط احتراق روی پیستون ۹ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و دور موتور  $3000 \text{ rpm}$  باشد، تعیین کنید:

الف) حجم مفید سیلندرها ی موتور بر حسب لیتر

ب) نیروی مؤثر احتراق روی پیستون بر حسب نیوتن

ج) کار تئوری یک پیستون بر حسب کیلوگرم متر

د) توان خروجی موتور در صورتی که بازده مکانیکی موتور برابر ۹۰ درصد باشد.

۱۲- اگر نسبت تراکم یک موتور ۴ سیلندر ۱:۱۱، حجم تراکم آن ۷۰ سانتی متر مکعب، و کورس پیستون آن ۱۰۰ میلی متر باشد تعیین کنید:

الف) حجم مفید موتور بر حسب لیتر

ب) قطر پیستون بر حسب میلی متر

## فصل ۶

### مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل



### آیا قطعات و سازه های مکانیکی خراب می شوند و می شکنند؟

قطعات و سازه ها در هنگام استفاده از آنها یا به مرور زمان دچار خرابی و شکست می شوند. در شکل زیر نمونه هایی از خرابی و شکست را مشاهده می کنید.



شکل ۱-۶- خرابی و شکست قطعات

### آنها در یک چیز مشترک هستند؟ خرابی

دلایل احتمالی خرابی و شکست قطعات نشان داده شده در شکل بالا را در گروه خود بررسی کنید؟

به نظر شما کدام دلیل عامل بیشتر خرابی های قطعات نشان داده شده در شکل است؟

پاسخ : .....



فعالیت

## دلایل اصلی خرابی قطعات عبارتند از:



فعالیت:

به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه ها که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید چیست؟

.....

.....

.....

چگونه می توان از بروز خرابی ها در قطعات جلوگیری کرد؟

.....

.....

.....



فعالیت

چرا قطعات و سازه ها خراب می شوند؟  
 هنگام استفاده از قطعات و سازه ها، آنها به روش های گوناگون خراب می شود.

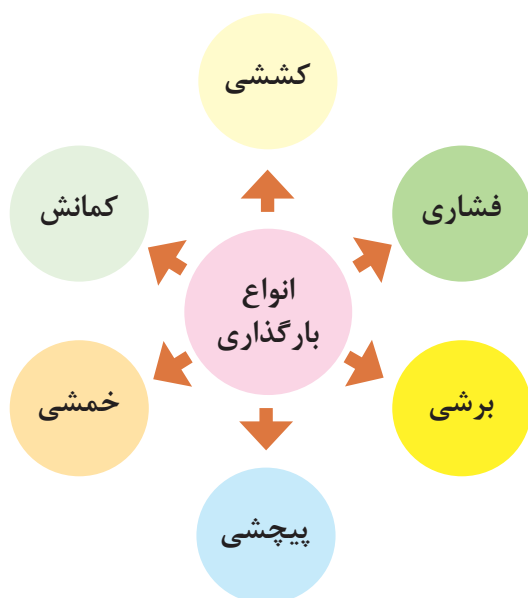


در مورد روش دیگری خرابی قطعات بحث و گفت وگو نمایید؟



فکر کنید

وقتی قطعه ای خراب است یعنی اینکه نمی تواند کاری که از آن خواسته شده است را به درستی انجام دهد. وقتی که می گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابجایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل شکست، مقاومت در مقابل زنگ زدگی و غیره.

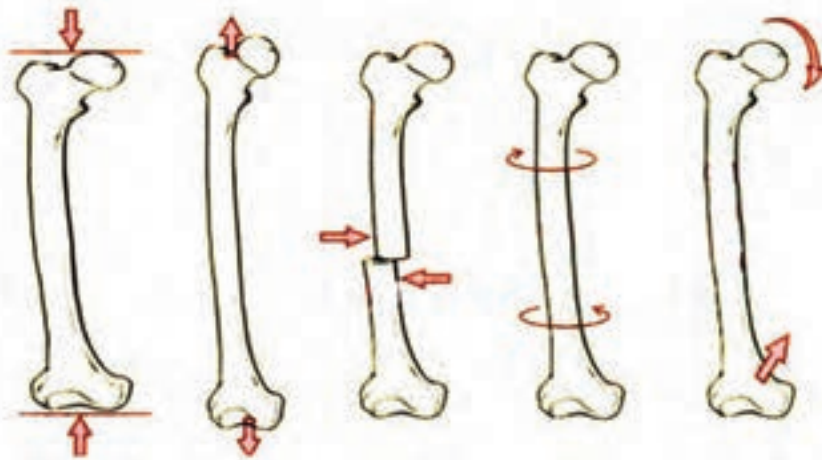


شکل ۲-۶- انواع بارگذاری روی قطعات

#### بارگذاری و نیروهای وارده روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاور های مختلفی روی قسمت های مختلف آنها وارد می شود. این بارگذاری ها به شکل های گوناگونی انجام می گیرد (شکل ۲-۶). نیرو ها همچنین می توانند محوری یا عرضی بر قطعه در جهت های مختلف وارد شوند. قسمت های مختلف قطعه باید در مقابل این نیروها و بارگذاری ها، هنگامی که به صورت آرام یا به صورت ضربه و یا پی در پی اعمال می شود، از خود مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان های مختلفی تشکیل شده است که تحت بارگذاری های مختلفی قرار می گیرد؛ برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری کششی، بارگذاری فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می گیرد (شکل ۳-۶).





شکل ۳-۶- انواع بارگذاری ها روی استخوان

#### جلوه های آفرینش:

در بدن انسان اسکلت و استخوان ها وضعیت گوناگونی دارند. حفاظت از اندام هایی مانند مغز، قلب، شش ها از مهم ترین آنها است. حرکت بدن انسان بر پایه اسکلت و استخوان ها است. چون اسکلت تکیه گاه عضلات قرار می گیرد، شکل دادن به بدن انسان نیز استخوان های ما ۱۴ درصد از وزن کل در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده در بزرگسالی به ۲۰۶ عدد کاهش می یابد. کم شدن تعداد استخوان های بدن است. دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی استخوان دارد. طولانی ترین استخوان بدن، چهارم قد هر فرد را تشکیل می دهد. میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان های بدن آنها را آب تشکیل می دهد. هر کدام بارگذاری و اعمال نیروی آنها متفاوت روی استخوان شکل شکستن استخوان







فعالیت

با استفاده از یک خط کش فلزی، انواع بارگذاری ها را روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه جایی خط کش در هر نوع بارگذاری توجه کنید. بارگذاری می تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط کش، عمود بر خط کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- انواع بارگذاری روی خط کش فلزی

در کدام نوع از بارگذاری، خط کش در مقابل جابجایی مقاوم تر است؟ در گروه خود بحث کنید؟

پاسخ: .....

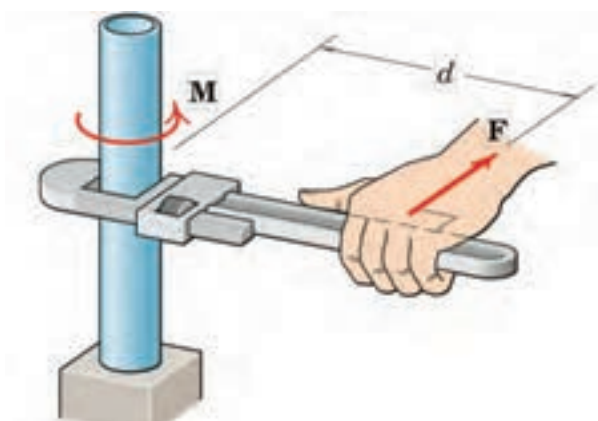
در فعالیت انجام شده، بارگذاری اعمال شده از دو بخش تشکیل شده است:

۱- وارد کردن نیرو

۲- وارد کردن گشتاور



سؤال



واحد نیرو نیوتن (N) و واحد گشتاور نیوتن متر (N.m) است. بصورت شماتیک نیرو و گشتاور را به صورت شکل ۵-۶ نشان می دهند. به  $d$  بازوی گشتاور می گویند.

شکل ۵-۶- علائم گشتاور و نیرو



فعالیت

حداکثر گشتاوری که شما می توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی روی یک میله وارد کنید حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که می توانید یک طناب را بکشید چند نیوتن است (هر یک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است)؟

پاسخ: .....

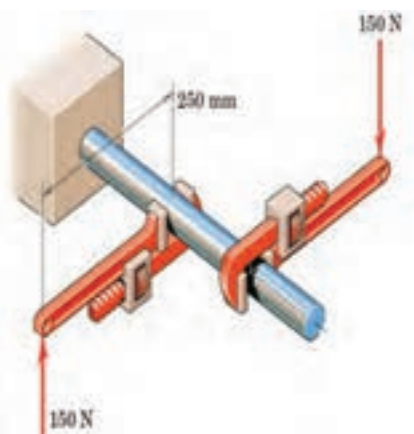


تحقیق

همان طور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت هایی دارد. تحقیق کنید با استفاده از چه ابزارها و وسایلی که خود نیازمند تامین انرژی نیستند می توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر کرد؟

پاسخ: .....

مثال:

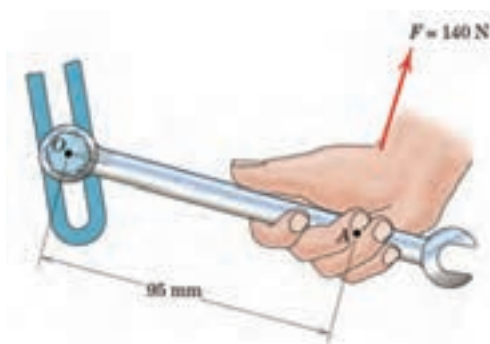


در شکل ۶-۶ دو آچار شلاقی یکسان روی میله گشتاور وارد می کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی متر است. گشتاور کلی وارده به میله را بر حسب نیوتن متر بدست آورید.

$$(N.m) 75 = (N) 150 \times 0.25 (m) = 2 \times \text{گشتاور هر آچار} = \text{گشتاور}$$

جهت گشتاور کلی در جهت عقربه های ساعت است.

شکل ۶-۶- وارد کردن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی



گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل ۶-۷ بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

پاسخ: .....

.....  
.....  
.....

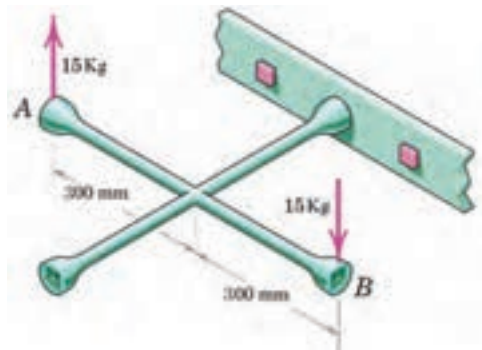
شکل ۶-۷- وارد کردن گشتاور بر میله از طریق آچار



فعالیت



فعالیت



شکل ۸-۶- وارد کردن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

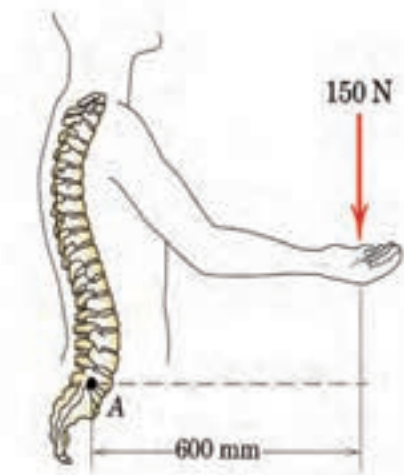
گشتاور وارده به پیچ را در شکل ۸-۶ بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید .

پاسخ : .....

.....

.....

.....



شکل ۹-۶- گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست ها

در شکل ۹-۶ گشتاور وارد به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همانگونه که مشاهده می کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هر چه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط بدن و دست ها چگونه است و چرا باید به آن شیوه، بار را بلند کرد؟

پاسخ : .....

.....

.....



شکل ۱۰-۶- باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

برای باز کردن پیچ های چرخ خودرو نشان داده شده در شکل ۱۰-۶، ۱۲ کیلوگرم متر لازم است. محاسبه کنید مقدار حداکثر نیرویی وارده بر حسب نیوتن توسط دست روی آچار چرخ، تا پیچ باز شود.

پاسخ : .....

.....

.....

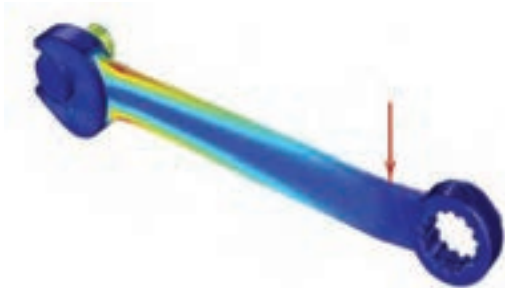


تحقیق



فعالیت

## الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

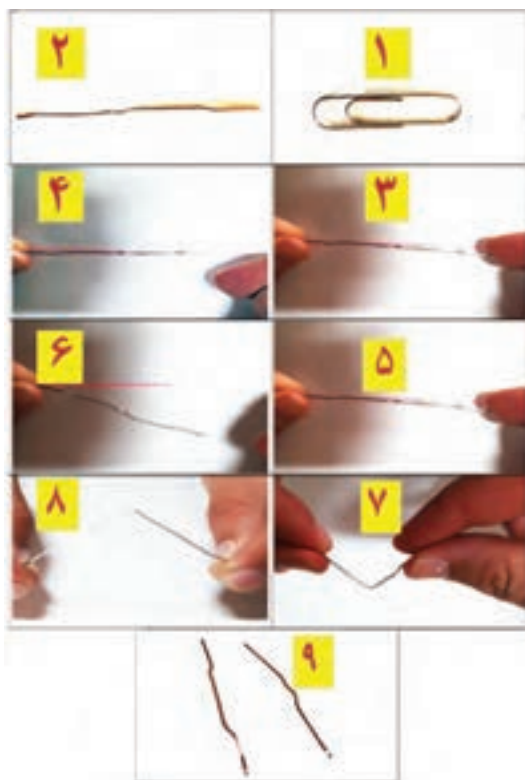


همان طور که تجربه کردید روی قطعات انواع بارگذاری وارد می شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت از آن بحرانی و حساس باشد و نیرو و گشتاور در آن نقطه بیشتر از نقاط یا قسمت های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل ۱۱-۶ قسمت های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. این پرسش ها را در ذهن خود مرور کنید.

۱- اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می گردد؟

۲- اگر نیرو بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود چه اتفاقی می افتد؟

۳- اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می افتد؟



مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل زیر باز کنید. یک سمت آن را در دست خود محکم بگیرید. با انگشت دست دیگر به به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت های زیر را در نظر بگیرید (شکل ۱۲-۶).

شکل ۱۲-۶ آزمایش بارگذاری روی یک مفتول گیره کاغذ پس از انجام آزمایش. پرسش های زیر را پاسخ دهید:

۱- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول کم باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود بر می گردد؟

پاسخ :

۲- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود بر می گردد؟

پاسخ :

۳- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم چه اتفاقی می افتد؟

پاسخ :

شکل ۱۲-۶- آزمایش بارگذاری روی یک مفتول گیره کاغذ

قطعه اگر پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می گویند قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است و در زمانی که قطعه به حالت خود برگشت، می گویند قطعه در ناحیه پلاستیک (مومسان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود، می گویند شکست اتفاق افتاده است.



فعالیت



فعالیت



شکل ۱۳-۶- حشره آسیابک

### جلوه آفرینش:

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (dragonfly) با طول حداکثر  $\frac{3}{8}$  سانتی متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است. چرا که سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با هم‌نوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلایید یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا مفتول شکست؟ طراحی بدن هر پرنده ای کاری بسیار سخت و پیچیده است!

### انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه در قطعه برای جابجایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز باشد، آن قطعه سفت‌تر است.

استحکام: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی بیشتری تحمل کند قبل از این که تغییر شکل دائمی بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود، آن قطعه مستحکم‌تر است.

چقرمگی: مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه‌تر است.

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی قرار دهید. به نظر شما کدام سفت‌تر، مستحکم‌تر و چقرمه‌تر است؟

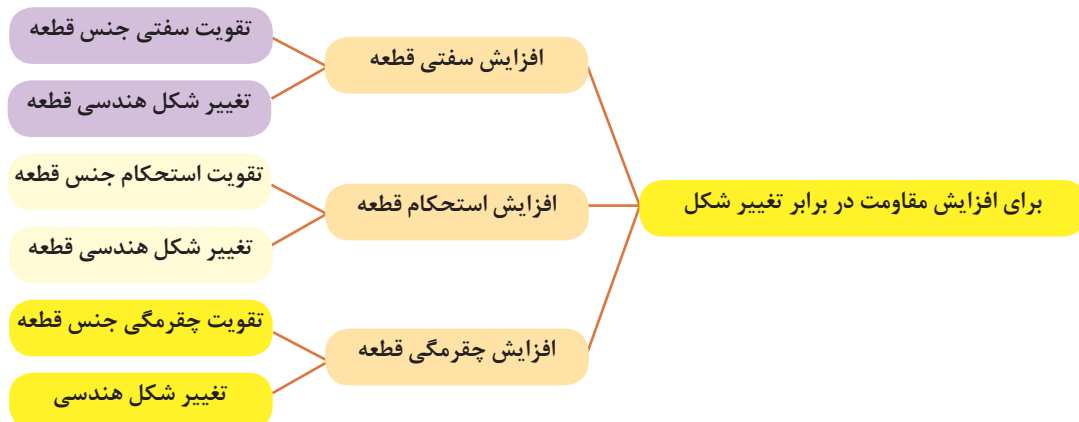
پاسخ:



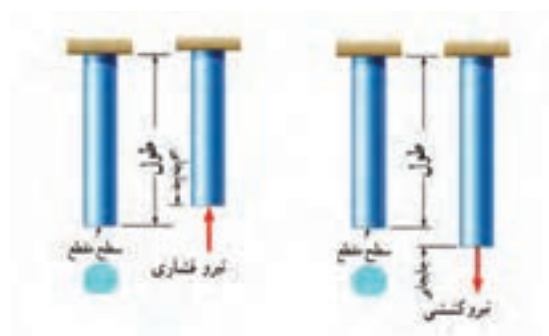
فعالیت

برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:

- ۱- استفاده از جنس مناسب: انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.
  - ۲- شکل هندسی مناسب: با استفاده از شکل‌های هوشمندانه می‌توان قطعات و سازه‌ها را به گونه‌ای ساخت که بار و نیروی بیش‌تری تحول کنند.
  - ۳- استفاده از تکیه‌گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه‌گاه‌های خوب سبب می‌شود که قطعات نیروی بیش‌تر تحمل کنند.
- در نمودار شکل ۱۴-۶ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



شکل ۱۴-۶-روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل



شکل ۱۵-۶-بارگذاری کششی و فشاری

#### مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود (شکل ۱۵-۶). همان طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود بازمی‌گردند.

#### سفتی قطعه در بارگذاری کششی؛

جابجایی انتهای یک میله که تحت بارگذاری کششی الاستیک قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع و سفتی جنس میله، رابطه عکس دارد. هر چه سطح مقطع میله بزرگ تر باشد برای یک نیروی ثابت جابجایی کمتر می‌شود.

$$\text{جابجایی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$$

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هر چه جنس ماده سفت تر باشد جابجایی و تغییر شکل آنها کمتر است.

سفتی فولاد < سفتی مس < سفتی آلومینیوم

به طور معمول سفتی فولاد از بیشتر فلزات بیشتر است. نام دیگر سفتی جنس مواد، ضریب کشسانی و الاستیک است.

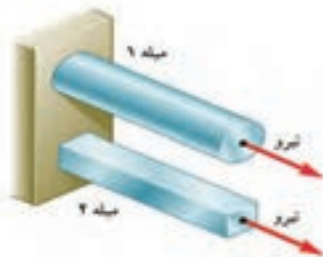


## استحکام قطعه در بار گذاری کششی

نیروی وارده به واحد سطح را تنش گویند. هر چه نیرو بیشتر و سطح مقطع کوچکتر باشد تنش بیشتر می‌گردد. هر چه تنش کششی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود.

$$\text{تنش کشی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیروی کشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه بیشتر از استحکام کششی جنس شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام کششی به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه تقویت شکل هندسی است تا تنش در قطعه کم شود. برای اینکه یک میله در برابر نیروی کششی مقاوم باشد باید سطح مقطع میله را افزایش دهیم؛ یعنی هر چه سطح مقطع میله بیشتر باشد در مقابل نیروی کششی یا فشاری مقاوم‌تر است. مقاومت قطعاتی که به صورت کششی یا فشاری بارگذاری شده‌اند، نوع شکل سطح مقطع روی آن تأثیری ندارد. مقدار استحکام کششی جنس فلزات مختلف با یکدیگر متفاوت است. استحکام کششی فولاد < استحکام کششی مس < استحکام کششی آلومینیوم



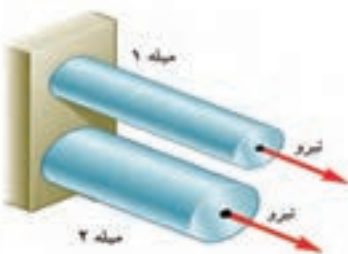
شکل ۱۶-۶- بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

در شکل ۱۶-۶ دو میله از جنس فولاد تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند کدام یک بیشتر کشیده می‌شوند؟ در گروه خود بحث کنید.

پاسخ :  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



بحث کلاسی



شکل ۱۷-۶- بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس یکسان

در شکل ۱۷-۶ دو میله از جنس فولاد با سطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است (طول میله‌ها برابر است).

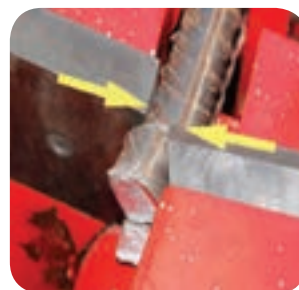
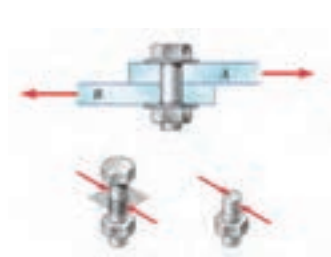
پاسخ :  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



بحث کلاسی

## مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

اگر بار اعمال شده سبب بریدن قطعه شود، بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می افتد. قیچی کردن نمونه ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی با سطح مقطعی که به صورت برشی بارگذاری شده است مستقل از شکل مقطع است (شکل ۱۸-۶).



شکل ۱۸-۶- بارگذاری برشی

## استحکام قطعه در بارگذاری برشی

نیروی برشی وارده به واحد سطح را تنش برشی می گویند. هر چه نیروی برشی بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش برشی بیشتر می گردد. هر چه تنش برشی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می شود. برای نمونه اگر در شکل ۱۸-۶ قطر پیچ کوچک‌تر و نیرو ثابت باشد، تنش برشی بیشتر خواهد بود.

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش برشی در یک قطعه بیشتر از استحکام برشی جنس قطعه شود، قطعه دچار خرابی و شکست می گردد. استحکام برشی جنس‌های مختلف در قطعه متفاوت است. پس برای افزایش استحکام یک قطعه باید تنش را کم کنیم. برای اینکه یک پیچ یا قطعه در برابر نیروی برشی مقاوم باشد باید سطح مقطع پیچ را افزایش دهیم؛ یعنی هر چه سطح مقطع پیچ بیشتر باشد، در مقابل نیروی برشی مستحکم‌تر است. استحکام قطعاتی که به صورت برشی بارگذاری شده اند، شکل مقطع روی آن بی تأثیر است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت است. هر چه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام قطعه در برابر بارگذاری برشی نیز بیشتر خواهد بود. استحکام برشی فولاد < استحکام برشی مس < استحکام برشی آلومینیوم





فعالیت

با توجه به شکل زیر در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن گیر و دم باریک بحث و گفت و گو کنید. به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به درستی از آنها استفاده نشده است؟

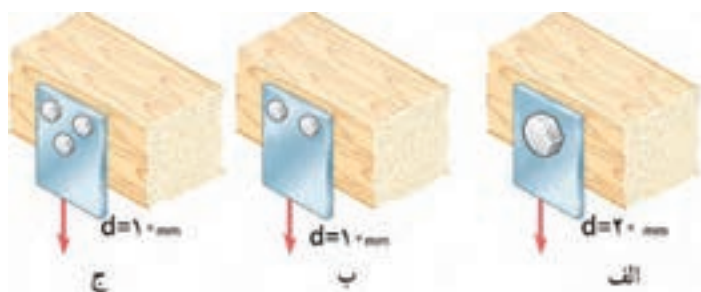
پاسخ :



شکل ۱۹-۶- لبه‌های برنده خراب شده در ناخن گیر و دم باریک

در شکل ۲۰-۶ یک تسمه فولادی توسط چند پیچ از یک جنس روی یک دیوار چوبی محکم پیچ شده است. به نظر شما برای یک نیروی برشی ثابت کدام حالت از اتصال در برابر نیروی برشی مستحکم‌تر است و پیچ‌ها دیرتر بریده می‌شوند. در گروه خود بحث کنید.

پاسخ :



شکل ۲۰-۶- اتصالات چند روش اتصال تسمه به دیوار چوبی تحت بارگذاری برشی

با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارده یکسان تنش برشی وارده به کدام یک بیشتر است؟ کدام یک راحت‌تر بریده می‌شود، چرا؟

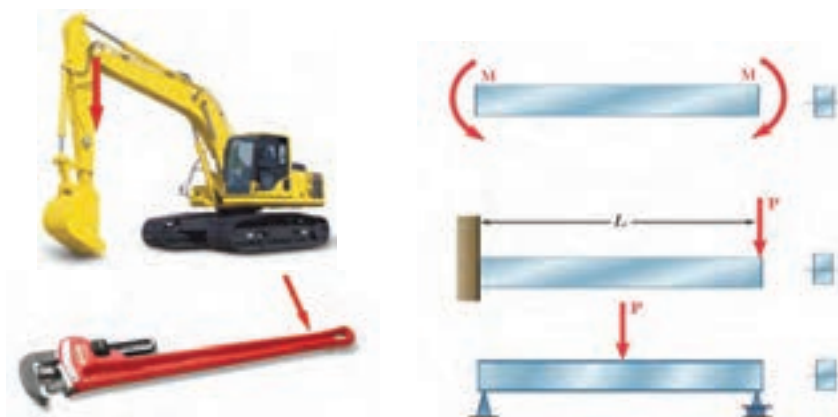
پاسخ :

همین کار را برای دو مفتول با قطر یکسان و جنس متفاوت (مس و فولاد) انجام دهید؟ تنش برشی کدام یک بیشتر خواهد بود؟ کدام یک زودتر بریده خواهد شد، چرا؟

پاسخ :

## مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری خمشی بود. خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای خم کردن خط کش نشان داده شده است. یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از خط کش مانند انتهای آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن خم می‌شود. سطح مقطع تیر و محور خم نیز در شکل نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۶- انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

با استفاده از روش‌های نشان داده شده در شکل ۲۱-۶ بر روی خط کش فلزی بارگذاری خمشی انجام دهید؟



فعالیت



فعالیت

دو کاغذ A4 را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید.

		کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها را روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس کنید.
		کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس کنید.
		کاغذها را تک تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس کنید.
		کاغذها را تک تک به شکل قوطی در آورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس کنید.

شکل ۲۲-۶- بررسی مقاومت در برابر بارگذاری خمشی

پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.  
۱- وزن کاغذ‌ها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

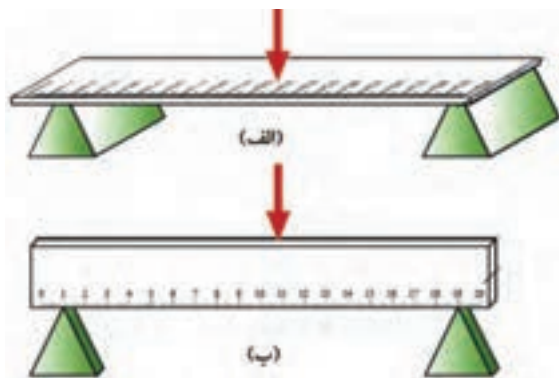
پاسخ : .....

۲- استحکام کدام قطعه و سازه کاغذی که شما آزمایش کردید در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

پاسخ : .....

۳- اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟

پاسخ : .....



با استفاده از خط کش فلزی بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید؟ استحکام خمشی خط کش فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت خط کش به سختی خم می‌شود؟ (راهنمایی به سطح مقطع خط کش توجه کنید). (شکل ۲۳-۶).

پاسخ : .....

.....

.....

شکل ۲۳-۶- بارگذاری خمشی بر روی خط کش در دو جهت

همان‌طور که در آزمایش مشاهده کردید با اینکه سطح مقطع خط کش در دو حالت یکسان است؛ اما استحکام خمشی خط کش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است. دلیل آن این است که ممان اینرسی سطح مقطع خط کش، حول محور خمش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است.

### ممان اینرسی چیست؟

ممان اینرسی عامل مقاوم در مقابل خمش است و هر چه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور خمش دورتر باشد، ممان اینرسی بیشتر است.



شکل ۲۴-۶- انواع سطح مقطع در خمش



فعالیت



فعالیت

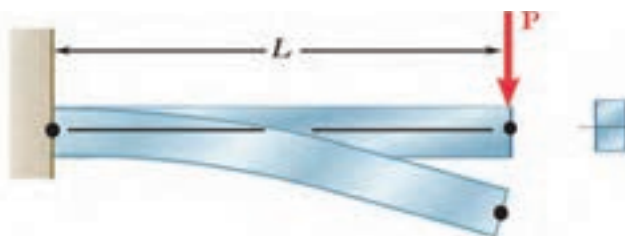
به شکل ۶-۲۴ توجه کنید، تمام سطح مقطع جسم در اشکال با هم برابر است؛ یعنی همه مساحت ها یکسان هستند ولی ممان اینرسی حول محور افقی در شکل (الف) که شبیه به I است از ممان اینرسی بقیه شکل ها بیشتر است. همچنین ممان اینرسی شکل (ح) از همه کوچک تر است.

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع ها در حول محور افقی (محور جدید) ممان اینرسی بیشتری دارند؟ در گروه خود بحث کنید؟

پاسخ:

### سفتی قطعه در بارگذاری خمشی

هنگام خمش یک قطعه یا یک تیر بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می شود و بیشترین جابجایی قطعه در انتهای آن خواهد بود.



شکل ۶-۲۵ - خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

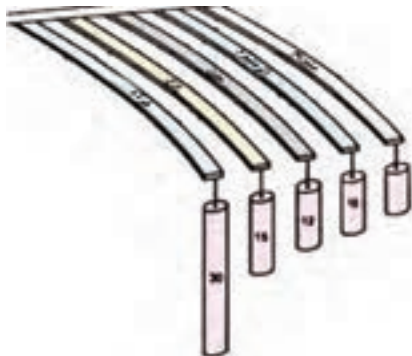
توسط یک تکه ابر بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشرده گی ذرات را ترسیم کنید.

پاسخ:

جابجایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد؛ یعنی هر چه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ تر باشد برای یک نیروی ثابت، جابجایی کمتر می شود و قطعه در مقابل خمش سفت تر است.

$$\text{جابجایی در خمشی} \propto \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی}}$$

هر چه جنس ماده سفت تر باشد جابجایی و تغییر شکل آنها در مقابل خمش کمتر و سفتی قطعه بیشتر خواهد بود و برای جابجایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.



در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابجایی و طول قطعات در شکل ۶-۲۶، بحث و گفت و گو کنید و دلیل جابجایی ثابت آنها را توضیح دهید؟

پاسخ:



فعالیت

شکل ۶-۲۶ - جابجایی قطعات در بارگذاری خمشی

## استحکام قطعه در بارگذاری خمشی

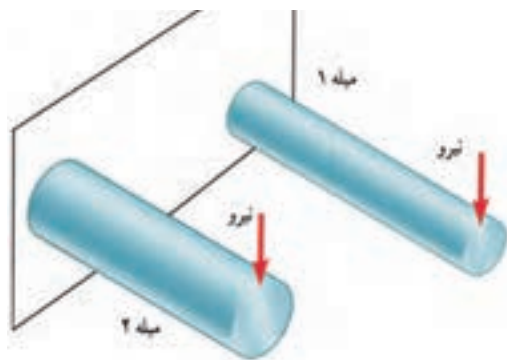
هنگام خمش در یک قطعه، بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می شود؛ لذا به بالای جسم تنش کششی و به پایین جسم تنش فشاری اعمال می شود. اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه در هنگام خمش بیشتر از استحکام کششی یا فشاری شود، قطعه دچار خرابی و شکست می گردد. همان طور که قبلاً گفته شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه های افزایش استحکام یک قطعه در هنگام خمش، کاهش تنش است. برای این کار باید ممان اینرسی قطعه حول محور خمش را افزایش دهیم. یعنی هر چه ممان اینرسی بیشتر باشد، قطعه در مقابل خمش مستحکم تر است.

$$\sigma = \frac{M}{I} \quad \text{گشتاور}$$

$$\sigma = \text{تنش در قطعه هنگام خمش}$$

$$I = \text{ممان اینرسی}$$

اگر وزن و طول قطعه ای ثابت باشد، سطح مقطع به شکل I، در بارگذاری خمشی در یک جهت بیشترین استحکام را داراست. (به قطعات نشان داده شده در شکل اول فصل مراجعه کنید). اگر بارگذاری خمشی در چند جهت باشد دایره توخالی بهترین استحکام خمشی را دارد. این موضوع را در آزمایش با کاغذها تجربه کردید.



دو مفتول فلزی هم جنس را به طول ۲۰ سانتی متر که دارای قطرهای مختلف و توپر هستند به یک گیره ببندید، و آن را بارگذاری خمشی کنید، کدام یک دارای استحکام خمشی بالاتر هست؟ همین کار را برای دو مفتول هم جنس، هم وزن، هم طول با ممان اینرسی متفاوت انجام دهید. استحکام کدام یک بیشتر است؟

شکل ۲۷-۶- بارگذاری خمشی دو میله با جنس و طول یکسان

پاسخ : .....

## مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری ها همان طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری پیچشی است. خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش، بارگذاری پیچشی می شوند. در شکل زیر دو روش برای پیچاندن قطعه نشان داده شده است.



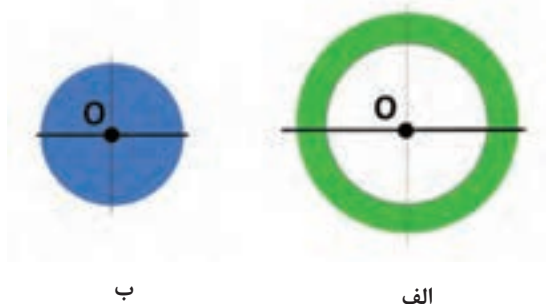
شکل ۲۸-۶- روش هایی برای پیچاندن قطعه



فعالیت

با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط کش فلزی را دچار پیچش کنید و سپس شکل های آنها را ترسیم کنید؟  
پاسخ : .....

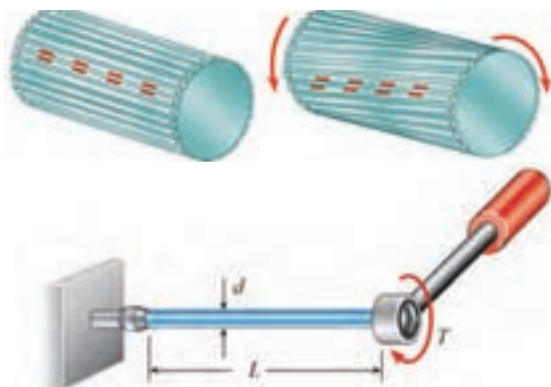
### ممان اینرسی قطبی چیست؟



ممان اینرسی قطبی عامل مقاوم در مقابل پیچش است و هر چه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور دوران دورتر باشد، ممان اینرسی قطبی بیشتر است. برای اینکه استحکام قطعه در مقابل پیچش بیشتر باشد باید ممان اینرسی قطبی جسم حول محور دوران بالاتر باشد. به شکل ۶-۲۹ نگاه کنید، مساحت سطح مقطع شکل (الف) با شکل (ب) برابر است اما ممان اینرسی قطبی سطح مقطع شکل (الف) از ممان اینرسی قطبی شکل (ب) بیشتر است.

شکل ۶-۲۹- ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

### سفتی قطعه در بارگذاری پیچشی



شکل ۶-۳۰- پیچش در یک قطعه

هنگامی که قطعه ای تحت بارگذاری پیچشی قرار می گیرد، ذرات جسم حول محور خود دوران می کنند و جابجا می شوند. انواع بارگذاری برای ایجاد پیچش در جسم وجود دارد.

به شکل ۶-۳۰ نگاه کنید. زاویه پیچشی یا جابجایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی قطبی و سفتی برشی جنس قطعه (که به آن صلابت هم گفته می شود) رابطه عکس دارد. یعنی هر چه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ تر باشد برای یک نیروی ثابت جابجایی کمتر می شود و قطعه در مقابل پیچش سفت تر است.

$$\text{سفتی برشی جنس} \propto \frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{زاویه در پیچش}}$$

هر چه جنس ماده سفت تر باشد جابجایی و تغییر شکل آنها در مقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای جابجایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

سفتی برشی فولاد < سفتی برشی مس < سفتی برشی آلومینیوم





فعالیت

سه خط کش چوبی، فلزی و پلاستیکی ۳۰ سانتی متری با سطح مقطع یکسان را تحت پیچش قرار دهید. برای جابجایی ۴۵ درجه کدام یک نیروی بیشتری لازم است؟  
پاسخ :

## استحکام قطعه در بار گذاری پیچشی

بارگذاری پیچشی سبب ایجاد تنش برشی در جسم می شود. اگر تنش برشی وارده به جسم به استحکام برشی برسد قطعه دچار خرابی می شود. فلزات و مواد مختلف دارای استحکام برشی متفاوت هستند. هر چه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام پیچشی نیز بالاتر خواهد بود.

$$\alpha = \frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}} \quad \alpha \text{ تنش در قطعه هنگام پیچش}$$

هرچه ممان اینرسی قطبی بیشتر باشد استحکام پیچشی قطعه بالاتر خواهد بود. برای نمونه اگر دو لوله توپر و توخالی دارای اندازه، وزن و جنس یکسان باشند، استحکام پیچشی لوله تو خالی بیشتر است.



یکی از مواردی که هنگام کار با آن مواجه می شویم بریدن پیچ اتصالات است. به نظر شما کدام مورد سبب بریدن پیچ می شود (شکل ۳۱-۶):  
الف) وارد کردن گشتاور بیش از حد مجاز به پیچ  
ب) پایین بودن ممان اینرسی قطبی  
ج) پایین بودن تنش برشی مجاز به دلیل جنس قطعه



فعالیت

شکل ۳۱-۶- یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی



در سیستم انتقال قدرت در خودرو، جهت انتقال حرکت از موتور به چرخ های عقب از میل گاردان استفاده می شود. میل گاردان تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد. تحقیق کنید که سطح مقطع میل گاردان دارای چه شکلی است و جنس آن از چیست؟ (شکل ۳۲-۶)



فعالیت

شکل ۳۲-۶- میل گاردان بارگذاری پیچشی را برای انتقال گشتاور تحمل می کند.



## ارزشیابی پایانی

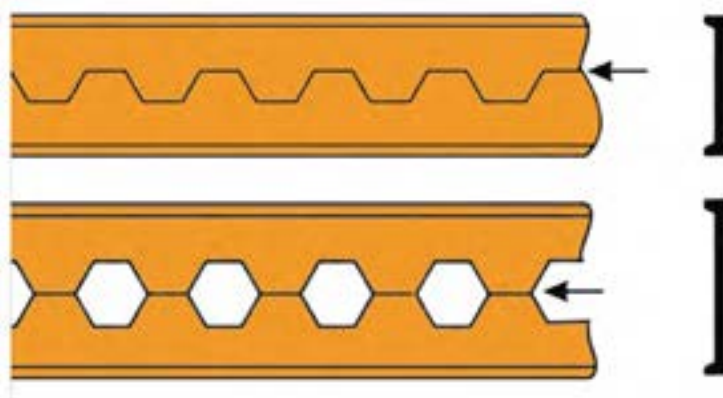
### تمرین ۱:

اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری روی پاشنه کدام کفش بیشتر بوده، احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر است؟



### تمرین ۲:

از روش‌های تولید تیرهای آهنی، برش و جوشکاری تیر آهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیر آهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟



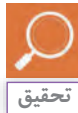
### تمرین ۳:

در وزنه برداری گشتاور زیادی به میله وزنه برداری وارد می شود که آن را خم می کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه حلی پیشنهاد می کنید؟



### تحقیق کنید:

همان طور که می دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند؛ یعنی اینکه اگر برق بخواهد به قطعه ای صدمه وارد کند، فیوز از این کار محافظت می کند و خود را قربانی می کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می شود تا نیرو و گشتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین های برشی از این جمله هستند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می کنند تا به آنها صدمه نزنند تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.



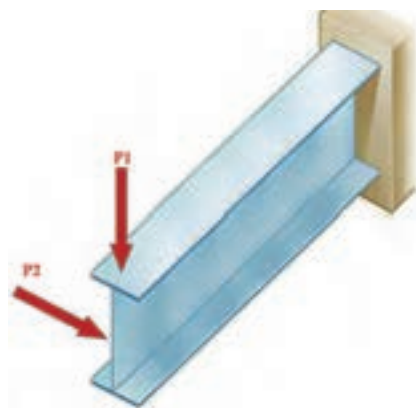
### تحقیق کنید:

همان طور که دیدید استخوان های بدن انسان هر کدام برای هدفی که دارند شکل های متفاوتی دارند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا است که انواع مختلف بارگذاری در جهت های مختلف به آن وارد می شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره تو خالیست، انتخاب کرده است؟ بصورت گروهی تحقیق کنید.



تمرین :

در شکل زیر اگر نیروی  $P_1$  و  $P_2$  با هم برابر باشند، جابجایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید؟



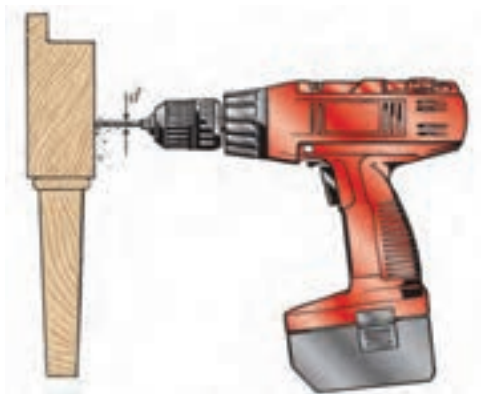


## تحقیق کنید

مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش بررسی کنید.



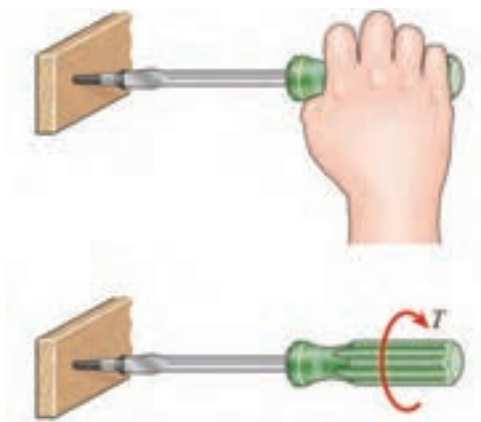
### بررسی کنید:



یکی از موارد رایج در هنگام کار، شکست مته هنگام سوراخ کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی کنید؟

پاسخ :  
.....  
.....  
.....  
.....

### بررسی کنید:



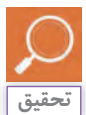
هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا چه موارد را باید در نظر گرفت؟

پاسخ :  
.....  
.....  
.....  
.....

### تحقیق کنید:

کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش باید چه کاری انجام داد؟ تصاویر مربوط را رسم کنید.

پاسخ :  
.....  
.....



## مراجع

Jack Erjavec , “Automotive technology Asystem Approach “ , 5th edition , 2009 , Delmar Cengage Learning
James D. Halderman “ Automotive technology principles ,Diagnosis and service “ , 4th Edition , 2011 , Prentice Hall
Tom Denton ,” Automobile Electrical and Electronic Systems “ , 3th Edition , 2004 ,Elsevier
Tim Gilles , “ Automotive Engines Diagnosis , repair , rebuilding “ , 6th edition , 2010 , Delmar
James E. Duffy , “Modern Automotive Technology “ , 7th Edition , 2009 , Goodheart-Willcox
Christopher Hadfield , ” Today’s Technician Automotive engine repair and rebuilding “ 4th Edition , , Delmar Cengage Learning
مستندات فنی شرکت های خودرو ساز
کتاب درسی سالهای گذشته

