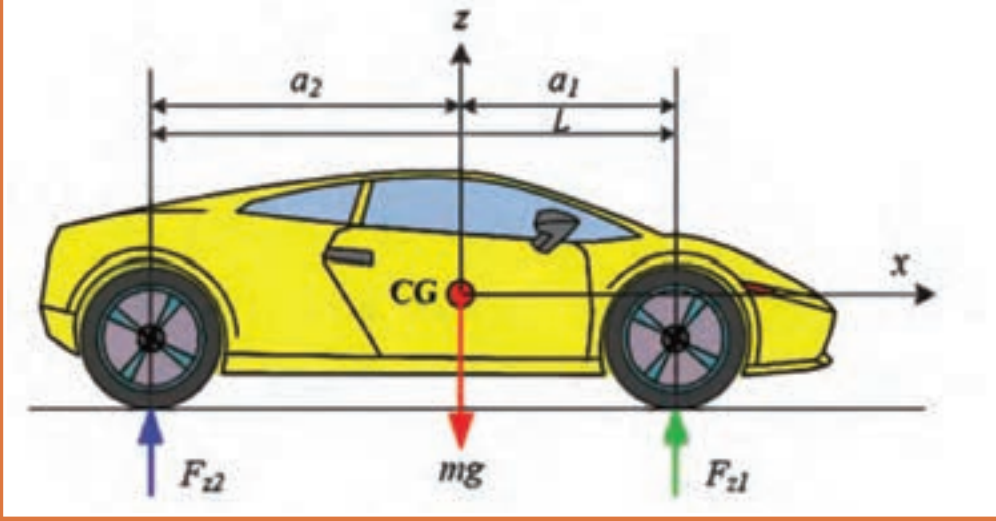
پودمان ۴

اصول و مبانی کاربردی در خودرو



واحدها و کمیت ها

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

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

یکاهای سیســتم متریک به دو دســتهٔ یکاهای اصلی یا اولیه و یکاهای فرعی یا ثانویه تقسیم شده‌اند، که یکاهای فرعی با اســتفاده از یکاهای اصلی ایجاد می شوند. جدول ۱ نمونه‌ای از کمیت‌های اصلی سیستم SI و واحدهای آنها را نشان می دهد.

کار کلاسی

با کمک کتاب فیزیک جدول زیر را کامل کنید. (یا کتاب همراه هنرجو)

کمیت	نام یکا	نماد یکا
	متر	m
جرم	کیلوگرم	
	ثانیه	s
		A
دما		K
مقدار ماده		mol
شدت درخشش		cd

جدول ۱ــ یکاهای اصلی سیستم SI

در کنــار سیســتم بین‌المللــی SI سیســتم هــای اندازه‌گیــری دیگــری نیــز وجــود دارنــد کــه از نظــر فراوانــی در اســتفاده کمتــر از سیســتم SI می‌باشــند، امــا در برخــی از کشــورها مــورد اســتفاده قــرار مــی گیرنــد و از ایــن جملــه مــی تــوان بــه سیســتم اندازه‌گیــری انگلیســی اشــاره کــرد کــه در کشــورهایی مثــل انگلیــس و آمریــکا کاربــرد دارد. از ایــن رو شناســایی ایــن واحــد اندازه‌گیــری در رابطــهٔ آنهــا بــا سیســتم SI لازم اســت، جــدول۲ نمونه هایی از یکاهای مختلف طول در واحد SI و انگلیسی (UK) تبدیل آنها به یکدیگر را نشان می‌دهد.

مایل mi	یارد yd	فوت ft	اینچ in	کیلومتر km	متر m	سانتی‌متر cm	میلی‌متر mm
$۶/۲۱\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۰۱۰۹۴	۰/۰۰۳۲۸۱	۰/۰۳۹۳۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱	۱
۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۱۰۹۳۶	۰/۰۳۲۸۰۸	۰/۳۹۳۷۰۱	۰/۰۰۰۰۱	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 ۲ــ واحدهای طول و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

قطــر رینگ تایری برابر با ۱۷ اینچ اســت. این قطر را به واحد های زیر تبدیل کنید.

الف) میلی‌متر

ب) فوت

ج) سانتی متر

شکل ۱

پژوهش

بــا مراجعه به کارگاه قطر تایرهای خودروهای موجود در کارگاه را اندازه‌گیری کرده ســپس جدول زیر را کامل کنید.

نام خودرو	قطر تایر (اینچ)	قطر تایر (سانتی‌متر)

یارد مربع $yd^۲$	فوت مربع $ft^۲$	اینچ مربع $in^۲$	متر مربع $m^۲$	سانتی‌متر مربع $cm^۲$	میلی‌متر مربع $mm^۲$
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱	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 ۳ــ واحدهای سطح و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

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

الف) میلی‌متر مربع

پاسخ : .....

ب) اینچ مربع

پاسخ : .....

شکل ۲

بشکه (نفت)	گالن (عمومی)	گالن (us)	فوت مکعب	اینچ مکعب	لیتر	متر مکعب	سانتی‌متر مکعب
US brl	lmp. gal	US gal	ft^3	in^3	ltr	m^3	cm^3
۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۶۴	۰/۰۰۰۰۳۵	۰/۰۶۱۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۱
۶/۲۹	۲۲۰	۲۶۴	۳۵	۶۱۰۲۴	۱۰۰۰	۱	۱۰۰۰۰۰۰
۰/۰۰۶۲۹	۰/۲۲	۰/۲۶۴۲۰۱	۰/۰۳۵	۶۱	۱	۰/۰۰۱	۱۰۰۰
۰/۰۰۰۱۰۳	۰/۰۰۳۶۰۵	۰/۰۰۴۳۲۹	۰/۰۰۰۵۷۹	۱	۰/۰۱۶۳۸۷	۰/۰۰۰۰۱۶	۱۶/۴
۰/۱۷۸۱۲۷	۶/۲۲۹۷۱۲	۷/۴۸۱۳۳۳	۱	۱۷۲۸	۲۸/۳۱۶۸۵	۰/۰۲۸۳۱۷	۲۸۳۱۷
۰/۰۲۳۸۱	۰/۸۳۲۷۰۱	۱	۰/۱۳	۲۳۱	۳/۷۹	۰/۰۰۳۷۸۵	۳۷۸۵
۰/۰۲۵۹۳	۱	۱/۲۰	۰/۱۶	۲۷۷	۴/۵۵	۰/۰۰۴۵۴۵	۴۵۴۵
۱	۳۵	۴۲	۶	۹۷۰۱	۱۵۹	۰/۱۵۹۷	۱۵۸۹۷۰

جدول ۴ـ واحدهای حجم و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

حجم سیلندر موتوری برابر ۶۰۰ سی سی است. این حجم را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

الف) لیتر پاسخ:. . . . . .

ب) متر مکعب پاسخ: . . . . . .

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	۱۰۰۰۰۰۰
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	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴۵۴	۰/۴۵۳۶	۴۵۳/۶
۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۲۸۳۵	۲۸

جدول ۵ـ واحدهای جرم و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

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

الف) کیلوگرم پاسخ : .....

ب) پوند پاسخ : .....

اتمسفر	میلی‌متر جیوه	کیلوگرم نیرو/ سانتی‌متر مربع	مگا پاسکال	کیلو پاسکال	پوند/ اینچ مربع	بار
atm	mm Hg	kgf/ cm^2	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 ۶ــ واحدهای فشار و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

باد تایر خودرویی برابر با ۲ بار اســـت. اگر فشار باد تایر در شرایط عادی برای آن خودرو ۳۲psi باشد. آیا فشار باد تایر مناسب است؟

شکل ۳ــ فشارسنج باد تایر

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 ۷ــ واحدهای سرعت و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

سرعت خودرویی برابر با ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است. این سرعت را به واحدهای زیر تبدیل کنید. (تا یک رقم اعشار)

الف) متر بر ثانیه پاسخ : .....

ب) متر بر دقیقه پاسخ : .....

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 ۸ــ واحدهای گشتاور و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

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 : .....

شکل۴ــ گشتاور لازم برای سفت کردن چرخ

$(^{\circ}F-۳۲)\times\frac{۵}{۹}$	تبدیل درجه فارنهایت به سانتی‌گراد
$(^{\circ}K-۲۷۳/۱۵)$	تبدیل درجه کلوین به سانتی‌گراد
$(^{\circ}C\times\frac{۹}{۵})+۳۲$	تبدیل درجه سانتی‌گراد به فارنهایت
$(K\times۱/۸)-۴۵۹/۶۷$	تبدیل درجه کلوین به فارنهایت
$(^{\circ}C+۲۷۳/۱۵)$	تبدیل درجه سانتی‌گراد به کلوین
$(^{\circ}F+۴۵۹/۶۷)\div۱/۸$	تبدیل درجه فارنهایت به کلوین

جدول۹ــ واحدهای دما و روابط تبدیل آنها به یکدیگر

کار کلاسی

دمای باز شـــدن ترموستات سیستم خنک کاری موتوری ۷۸ درجهٔ سانتی گراد است. این دما را به واحدهای زیر تبدیل کنید:

الف) فارنهایت پاسخ : .....

ب) کلوین پاسخ : .....

اجزا و اضعاف

گاهی واحدهای اســـتاندارد برای نمایش یک کمیت بســـیار بزرگ و یا بسیار کوچک هستند؛ به عنوان مثال برای نشـــان دادن فاصله دهانهٔ شـــمع جرقه زنی با واحد متر مشکل است (فاصله دهانه شمع در برخی خودروها حدود ۰/۰۰۸ متر است) از این رو می توان برای نمایش آن از واحد های کوچکتری مانند میلی متر استفاده کرد. که در این صورت این عدد به صورت ۸ mm (۰/۰۰۱ m × ۸) نشان داده می شود. جدول ۱۰ نمونه‌هایی از اجزا و اضعاف مورد استفاده در علوم مهندسی را نشان می‌دهد.

پژوهش

با کمک کتاب فیزیک (یا همراه هنرجو) قسمت‌های خالی جدول را کامل کنید.

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				
Meter	Em	E		۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	کوئیتلیون/ تریلیون	$۱۰^{۱۸}$	
Meter	Pm			۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	کواردلیون/ بیلیارد	$۱۰^{۱۵}$	
Volt	TV		ترا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	ترولیون/ بیلیون	$۱۰^{۱۲}$	
Watt	GW		گیگا	۱ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰	بیلیون/ میلیارد	$۱۰^{۹}$	
Watt	MW	M		۱ ۰۰۰ ۰۰۰	میلیون	$۱۰^{۶}$	
Newton	kN	k		۱ ۰۰۰	هزار	$۱۰^{۳}$	
Liter	hl		هکتو	۱۰۰	صد	$۱۰^{۲}$	
Meter	dam		دکا	۱۰	ده	$۱۰^{۱}$	
Meter	m	-	-	۱	یک	$۱۰^{۰}$	
Meter	dm	d		۰/۱	یک‌دهم	$۱۰^{-۱}$	
Meter	cm	c	سانتی	۰/۰۱	یک‌صدم	$۱۰^{-۲}$	
Volt	mV	m		۰/۰۰۱	یک‌هزارم	$۱۰^{-۳}$	
Ampere	µA		میکرو	۰/۰۰۰ ۰۰۱	یک‌میلیونیم	$۱۰^{-۶}$	
Meter	nm	n		۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۱	یک‌میلیاردم	$۱۰^{-۹}$	
Farad	pF	p	پیکو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۱	یک‌بیلیونیم	$۱۰^{-۱۲}$	
Farad	fF	f	فمنو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۱	یک‌بیلیاردم	$۱۰^{-۱۵}$	
Meter	am	a	آتو	۰/۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۰ ۰۰۱	یک‌تریلینیم	$۱۰^{-۱۸}$	

جدول ۱۰ــ اجزا و اضعاف

مثال:جرم سوپاپ دود موتوری برابر ۱۸۲ gr (گرم) و حجم آن ۲۲۹۵۷ mm^3 (میلی متر مکعب) است. چگالی آلیاژ این سوپاپ را محاسبه کنید.

$۱۸۲g = ۱۸۲ \times ۱۰^{-۳} Kg$

$۲۲۹۵۷mm^3 = ۲۲۹۵۷ \times ۱۰^{-۹} m^3$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{۱۸۲ \times ۱۰^{-۳}}{۲۲۹۵۷ \times ۱۰^{-۹}} \left[\frac{Kg}{m^3}\right]$$

$$= \frac{۱۸۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۹}}{۲۲۹۵۷} = \frac{۱۸۲ \times ۱۰^{۶}}{۲۲۹۵۷} = ۷۹۲۷.۸۶ \frac{Kg}{m^3}$$

ρ: چگالی

m: جرم بر حسب (kg)

V: حجم بر حسب (m^3)

کار کلاسی

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

پاسخ : .....

پژوهش

در صورت وجود باک در کارگاه طول و عرض و ارتفاع آن را به‌صورت تقریبی اندازه گرفته و حجم آن را محاسبه کنید.

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 می‌شود. یک ثانیه مدت زمانی است که اتم سزیم ۱۳۳ در حالت پایه ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ بار نوسان می کند.

از یکاهای دیگرِ 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.

$$1\,min = 60\,S$$

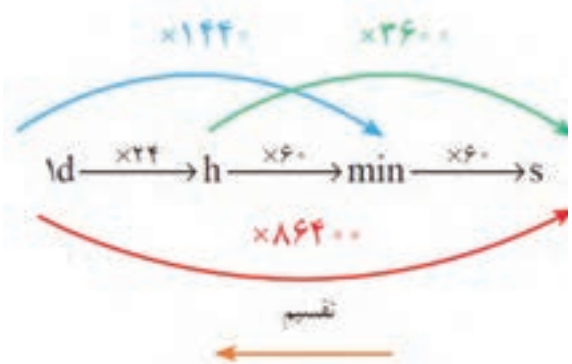
یک ساعت ۶۰ دقیقه است و آن را با h نشان می هند.

$$1\,h = 60\,min = 3600\,S$$

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

$$1\,d = 24\,h = 1440\,min = 86400\,S$$

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



نکته

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

کار کلاسی

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

الف) چند ثانیه پاسخ : .....

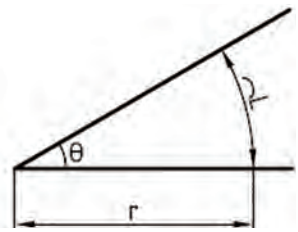
ب) چند دقیقه پاسخ : .....

ج) چند ساعت پاسخ : .....

زاویه

یکای اندازه گیری زاویه

زاویه یا گوشـــه یکی از مفاهیم هندســـی 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.



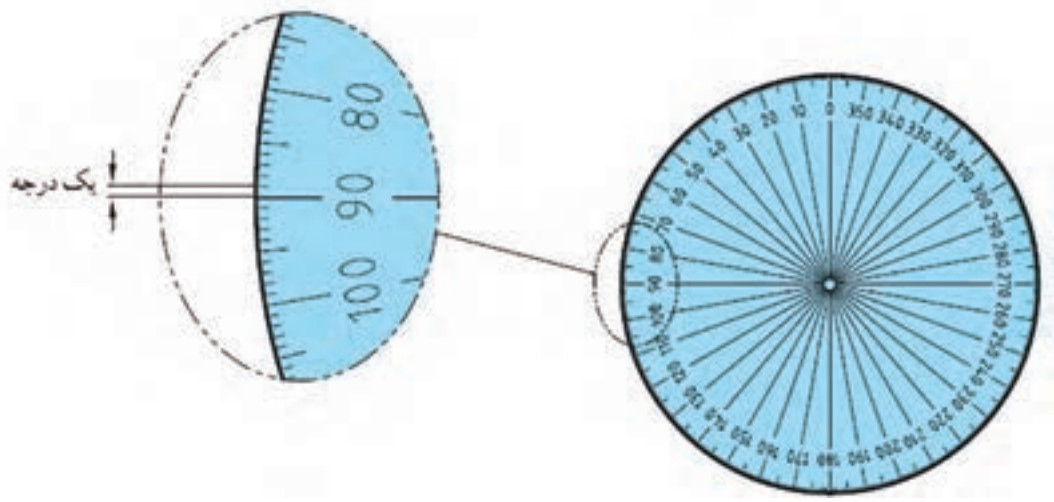
شکل ۵ـ زاویه

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

برای نمایش درجه از علامت ° استفاده می‌شود.

درجه : اگر محیط یک دایرهٔ دلخواه را به ۳۶۰ قســـمت مســـاوی تقسیم کنیم و هر قسمت را به مرکز دایره وصل کنیم، اندازهٔ زاویهٔ حاصل را یک درجه می نامند (شکل ۶).

$$\text{یک درجه} = \text{زاویه مرکزی مقابل به } \frac{\text{محیط دایره}}{۳۶۰}$$



شکل ۶ـ اندازهٔ درجه نسبت به محیط دایره

همان‌گونه که می‌دانید، معمولاً هر یکا دارای اجزایی است. درجه نیز به عنوان یکای اندازه گیری دارای اجزایی مانند دقیقه (′) و ثانیه (″) است.

هر دقیقه برابر $\frac{۱}{۶۰}$ درجه است.

$۱\text{ دقیقه} = ۱' = \frac{۱}{۶۰} \times ۱^\circ$

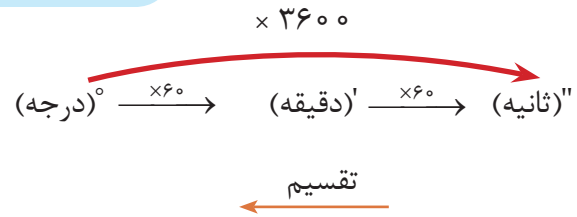
هرثانیه برابر $\frac{۱}{۶۰}$ دقیقه یا $\frac{۱}{۳۶۰۰}$ درجه است.

$۱\text{ ثانیه} = ۱'' = \frac{۱}{۶۰} \times ۱' = \frac{۱}{۳۶۰۰} \times ۱^\circ$

به عبارتی:

$۱\text{ درجه} = ۶۰' = ۳۶۰۰''$

تبدیل اجزای زاویه



در نمودار بالا برای تبدیل یکای کوچک‌تر به بزرگ‌تر، از عمل تقسیم در جهت عکس نمودار استفاده می شود.

تمرین نمونه : مقدار زاویه "۲۵ و '۴۲ و °۲ را بر حسب الف) درجه ب) دقیقه ج) ثانیه حساب کنید.

ب)

$۲^\circ = ۲ \times ۶۰ = ۱۲۰'$ +

$۴۲'$ +

$= \frac{۳۵'' = ۳۵ \div ۶۰ = ۰/۵۸۳'}{۱۶۲/۵۸۳'}$

الف)

۲° +

$۴۲' = ۴۲ \div ۶۰ = ۰/۷^\circ$ +

$= \frac{۳۵'' = ۳۵ \div ۳۶۰۰ = ۰/۰۰۹۷^\circ}{۲/۷۰۹۷^\circ}$

ج)

$۲^\circ = ۲ \times ۳۶۰۰ = ۷۲۰۰''$ +

$۴۲' = ۴۲ \times ۶۰ = ۲۵۲۰''$ +

$= \frac{۳۵''}{۹۷۵۵''}$

پژوهش

با بررسی یک شیشه بالابر دستی و اندازه‌گیری رابطه بین مقدار چرخش اهرم شیشه‌بالابر و حرکت شیشه به سؤالات زیر پاسخ دهید (خلاصی اهرم را صفر درنظر بگیرید).

۱ـ فاصله پایین تا بالا ..... cm ـ زاویه دوران اهرم ..... درجه.

۲ـ گردش ۳۶۰ درجه اهرم باعث حرکت ..... cm شیشه می‌شود.

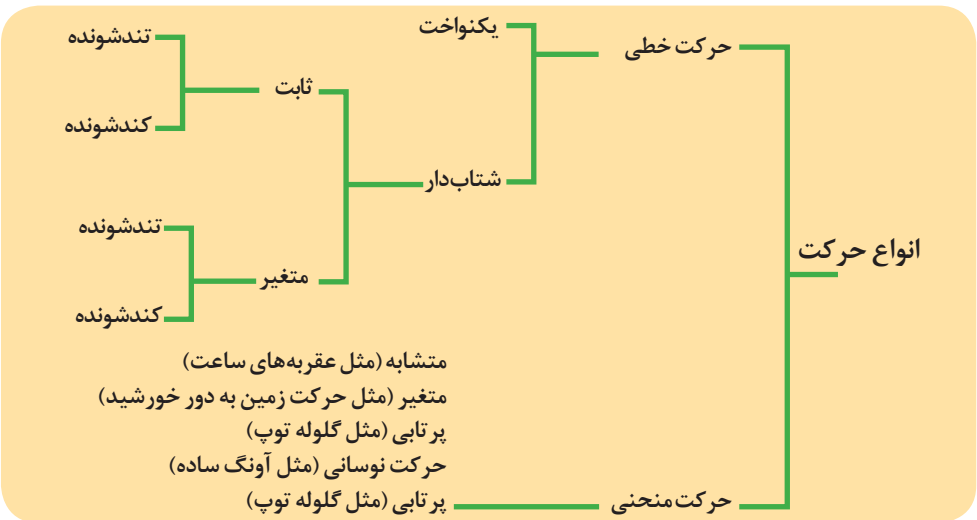
۳ـ اگر بخواهیم شیشه را ۱۰ سانتی‌متر پایین بیاوریم، چند درجه باید اهرم چرخانده شود؟

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 مقایسهٔ 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 به‌دست می‌آید.



شکل ۷ــ انواع حرکت

در فصل دوم کتاب فیزیک به بررسی انواع حرکت‌ها پرداخته می شود.

یکای سرعت در سیستم SI

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 می‌کند.

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

$\frac{Km}{h}$	وسایل نقلیه
$\frac{m}{s}$	سرعت محیطی، سرعت صوت، سرعت برش در سنگ‌زنی
$\frac{mm}{min}$	سرعت پیشروی در وسایل براده‌برداری مثل فرزکاری، سنگ‌زنی
$\frac{m}{min}$	سرعت برش در تراش‌کاری، صفحه‌تراش، فرزکاری، سوراخ‌کاری، سرعت در جرثقیل‌ها
$\frac{cm}{s}$	سرعت نوار در نوارهای صدا و مغناطیسی

جدول ۱۱ــ یکاهای سرعت

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

$$\frac{m}{s} \underset{\div}{\overset{\times ۳/۶}{\rightleftarrows}} \frac{km}{h} \qquad \frac{m}{s} \underset{\div}{\overset{\times ۳۶۰۰}{\rightleftarrows}} \frac{m}{h} \qquad \frac{m}{s} \underset{\div}{\overset{\times ۶۰}{\rightleftarrows}} \frac{m}{min}$$

حرکت دایره ای

حرکت دایره‌ای یک جسم حول محور خودش را حرکت دورانی گویند و تعداد دوران یعنی یک جسم در واحد زمان چند مرتبه حول محور خود می چرخد.

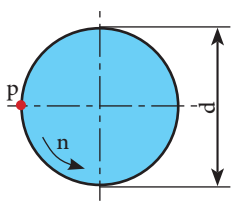
یکای تعداد دوران $\frac{۱}{s}$ یا $\frac{۱}{min}$ است. $\frac{۱}{s}$ نشان دهندهٔ یک دور در هر ثانیه و $\frac{۱}{min}$ نشان دهندهٔ یک دور در هر دقیقه است.

سرعت محیطی

وقتی جسمی حول یک محور می‌چرخد هر نقطه از آن دارای سرعت محیطی است که سرعت محیطی آن بسته به فاصلهٔ آن از مرکز دوران متفاوت است.

اگر نقطه ای مانند **p** روی دایره ای به قطر **d** حرکت یکنواختی داشته باشد، سرعت محیطی آن مقدار مسافتی خواهد بود که نقطهٔ **p** در واحد زمان طی می کند و مقدار آن از رابطهٔ زیر به‌دست می آید.

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



شکل ۸

$V=$ سرعت محیطی $\frac{m}{s}$

$d=$ قطر دوران (m)

$n=$ تعداد دوران $\frac{۱}{s}$

رابطهٔ 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 نزدیک‌تر 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 چرخ زنجیری به قطر **mm** ۴۰۰ در هر دقیقه ۶۰۰ دور می زند، سرعت زنجیر را بر حسب **m/s** به‌دست آورید.

شکل ۹

$d= ۴۰۰ \text{ mm}$

$n= ۶۰۰ \frac{۱}{min} = ۶۰۰ \div ۶۰ = ۱۰ \frac{۱}{s}$

$d= ۴۰۰ \text{ mm} = ۰/۴ \text{ m}$

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

$V= ۳/۱۴ \times ۰/۴ \times ۱۰ = ۱۲/۵۶ \frac{m}{s}$

کار کلاسی

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

پاسخ : .....

.....

انتقال حرکت به وسیلهٔ تسمه

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

نسبت انتقال حرکت ساده

اگر دو چرخ تسمهٔ 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.

n_1 = دوران چرخ محرک
n_2 = دوران چرخ متحرک
d_1 = قطر چرخ محرک
d_2 = قطر چرخ متحرک

$$v_1 = v_2$$
$$\pi \times n_1 \times d_1 = \pi \times n_2 \times d_2$$
$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

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

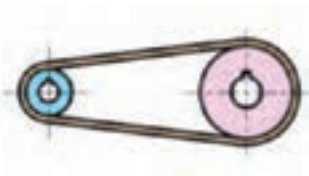
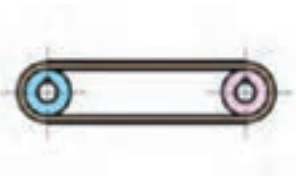
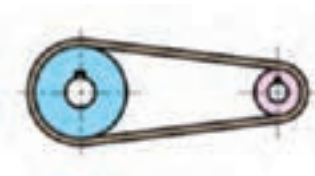
$$\text{نسبت انتقال حرکت} = \frac{\text{تعداد دوران چرخ محرک}}{\text{تعداد دوران چرخ متحرک}} \rightarrow i = \frac{n_1}{n_2}$$

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

نکته

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

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 می‌دهد که تعداد دوران محور متحرک کم، زیاد یا بدون تغییر می گردد. شکل ۱۰ این تغییرات را نشان می‌دهد.

i>۱	i=۱	i<۱
دوران چرخ متحرک کم می‌شود	دوران تغییر نمی‌کند	دوران چرخ متحرک زیاد می‌شود
		
چرخ متحرک چرخ محرک	چرخ متحرک چرخ محرک	چرخ متحرک چرخ محرک

شکل ۱۰ــ نسبت انتقال

بحث کلاسی

با توجه به رابطهٔ 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.

فعالیت

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

الف) تعداد دوران دینام

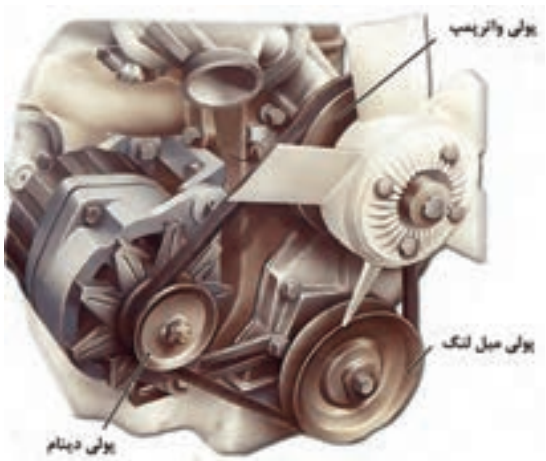
پاسخ : .....

.....

ب) سرعت (خطی) حرکت تسمه

پاسخ : .....

.....

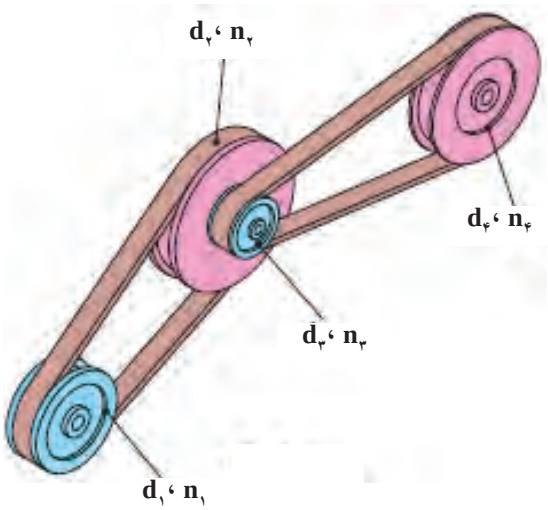


شکل ۱۱

نسبت انتقال حرکت به وسیله چرخ تسمه مرکب

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

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



شکل ۱۲ـ چرخ تسمه مرکب

$$i = i_1 \times i_2$$

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad , \quad i_2 = \frac{d_4}{d_3} \Rightarrow i = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad , \quad i_2 = \frac{n_3}{n_4} \Rightarrow i = \frac{n_1 \times n_3}{n_2 \times n_4}$$

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

$$i = \frac{n_1}{n_4}$$

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

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

تعداد دوران محور محرک اولی / تعداد دوران محور متحرک آخری

از مساوی بودن رابطهٔ نسبت انتقال با تعداد دورها و قطرها نتیجه می شود:

$$i = \frac{n_a}{n_e} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{d_2 \times d_4}{d_1 \times d_3}$$

کار کلاسی

با توجه به شکل ۱۳، در صورتی که:
d_1=۱۰۰ mm، n_1=۱۰۰۰ rpm، d_2=۵۰ mm، d_3=۱۱۰ mm، d_4=۶۰mm باشد. موارد زیر را محاسبه کنید.

الف) نسبت انتقال بین پولی اول و دوم

پاسخ : .....

.....

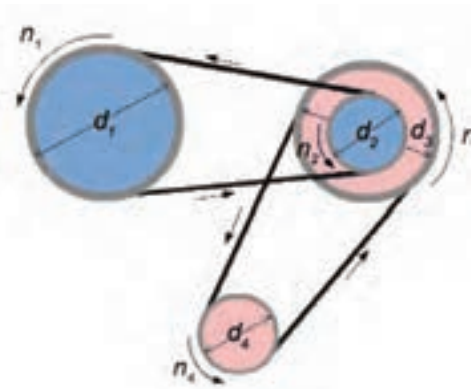
ب) نسبت انتقال بین پولی اول و چهارم

پاسخ : .....

.....

ج) سرعت دورانی پولی چهارم

پاسخ : .....



شکل ۱۳ـ چرخ تسمهٔ مرکب

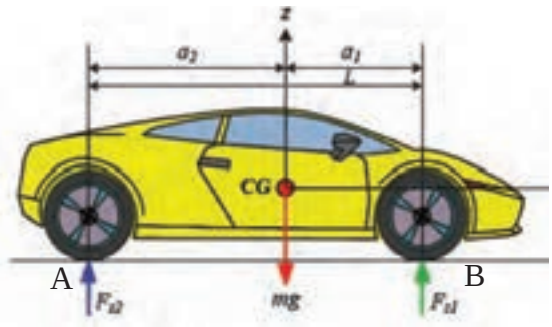
محاسبات استاتیکی

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 به اختصار مورد بررسی قرار می گیرد.

نیروی وارد بر خودرو در حال سکون

شکل ۱۴ خودرویی درحالت سکون را نشان می‌دهد. 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 طولی مرکز چرخ جلو تا مرکز ثقل خودرو؛ a_2 : فاصله طولی مرکز چرخ عقب تا مرکز ثقل خودرو؛ Fz_1 و Fz_2: نیروهای عمودی وارد بر چرخ؛ $L=a_1+a_2$: فاصلهٔ مرکز چرخ جلو تا مرکز چرخ عقب.



شکل ۱۴ـ نیروهای وارد بر خودرو در حال سکون

با توجه به شکل ۱۴ محاسبهٔ نیروی وارد بر هر چرخ به صورت زیر انجام می شود.

محاسبهٔ نیروی وارد بر هر یک از چرخ های جلو

برای این منظور می‌توان حول مرکز محل تماس چرخ های عقب با زمین گشتاورگیری کرد. با علم به اینکه مجموع گشتاورگیری حول این نقطه برابر صفر است.

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow (F_{z_1}.L) - (mg.a_2) = 0$$

$$F_{z_1} = \frac{mg.a_2}{L}$$

از ایـن رو نیـروی وارد بـر هـر چـرخ جلـو در حالـت سـکون مطابـق رابطـه زیـر برابـر نصـف نیـروی وارد بـر چرخ‌هـای جلـو خواهـد بـود.

$$\text{نیروی وارد بر هر چرخ جلو} = \frac{۱}{۲}.F_{z_۱} = \frac{mg.a_۲}{L}$$

محاسبهٔ بار وارد بر چرخ های عقب خودرو

بـرای محاسـبهٔ بـار وارد بـر چـرخ هـای عقـب نیـز مشـابه چـرخ هـای جلـو عمـل کـرده و ایـن بـار حـول مرکـز محـل تمـاس چـرخ هـای جلـو بـا زمیـن گشـتاورگیری می شـود.

$$\Sigma M_B = ۰ \Rightarrow (F_{z_۲}.L) - (mg.a_۱) = ۰$$
$$\Rightarrow F_{z_۲} = \frac{mg.a_۱}{L}$$

از ایـن رو بـار وارد بـر هـر چـرخ عقـب در حالـت سـکون مطابـق رابطـهٔ زیـر برابـر نصـف بـار وارد بـر چـرخ هـای عقـب خواهـد بود.

$$\text{نیروی وارد بر هر چرخ عقب} = \frac{۱}{۲}.F_{z_۲} = \frac{mg.a_۱}{L}$$

دانستنی ها

مرکز ثقل خودرو:

گرانیگاه یا مرکز ثقل یک شـــیء، نقطهٔ مشخصی است که در بسیاری از مسائل سیستم طوری رفتار می‌کند که گویی همه جرم آن شیء در آن نقطه متمرکز است.

مفهوم مرکز ثقل را نخســـتین بار ارشـــمیدس مطرح کرد. ارشمیدس نشان داد که گشتاور اعمال شده روی یک اهرم به وسیله قرار دادن وزنه‌ها 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 جســـم 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:

- برایند نیروهای وارد برآن صفر باشد.
- جمع گشتاورهای ساعتگرد حول هر نقطه برابر گشتاورهای پاد ساعتگرد حول همان نقطه باشد.

کار کلاسی

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

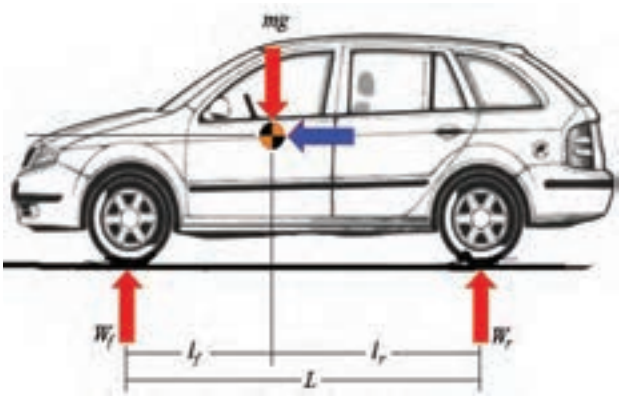
L_r=۲۰۰cm, L_f= ۱۴۰ cm, M= ۱۰۰۰Kg

پاسخ : .....

.....

.....

.....



شکل ۱۵- نیروهای وارد بر خودروی ساکن

فکرکنید

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

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

پاسخ : .....

.....

شکل ۱۶-عبور با بار بیش از۲/۴ تن بر هر محور ممنوع

سیالات

قابلیت انتقال نیرو و انجام کار توسط مایعات سبب استفاده از آنها در سیستم‌های هیدرولیکی می شود. 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 می توان علم مایعات نامید. کاربرد وسیع سیستم‌های هیدرولیکی در صنایع مختلف مانند ماشـــین سازی، ساختمان ســـازی و صنایع 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 می شود.

قانون پاسکال

بیش از ۳۰۰ ســـال قبل دانشمند فرانسوی بلز پاسکال(۱۶۶۲-۱۶۲۳ میلادی) آزمایش‌هایی را در زمینهٔ سیالات تحت فشـــار انجام داد که منجر به کشف یکی از قوانین پایه ای هیدرولیک شد. آزمایش‌های پاسکال دو مشخصهٔ ســـیال را زمانی که داخل یک محیط و محفظهٔ بســـتهٔ تحت فشـــار 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 می شود به صورت مساوی در تمامی جهات منتقل شده و این فشار با نیروی یکسان به تمام نقاط سیستم وارد می گردد، که این فشار از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است.

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

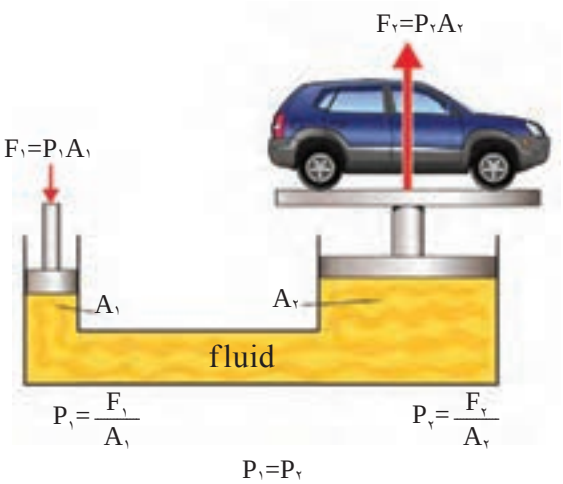
F= نیرو بر حسب (N)

P= فشار بر حسب (N/m^2)

A= سطح مقطع برحسب (m)

کاربرد قانون پاسکال

از کاربردهای مهم قانون پاســـکال، در سیســـتم‌های هیدرولیکی است که از یک سیال در محفظهٔ بسته به منظور اعمال فشـــار استفاده می‌شـــود. از جملهٔ آنها در خودرو و صنایع مربوط به آن می‌توان به جک‌های هیدرولیکی، سیســـتم‌های ترمز هیدرولیکی و... اشـــاره کرد؛ به عنوان مثال شکل۱۷ یک سیســـتم جک هیدرولیکی را نشان می‌دهد. با اعمال نیروی رو به پایین F_1 در پیســـتون سمت چپ (پیستون کوچکتر) فشاری معادل $F_1 = \frac{F_2}{P}$ در سیال ایجاد می‌شود.



شکل ۱۷ــ جک هیدرولیکی

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

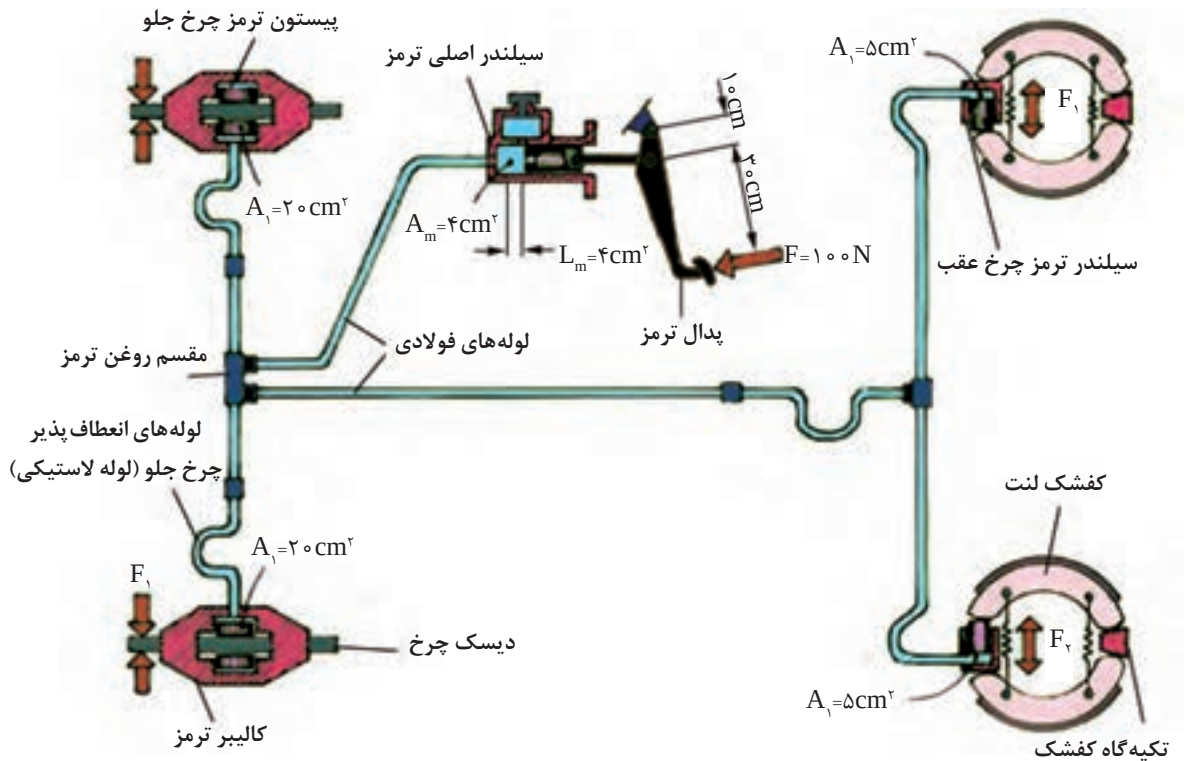
$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \qquad P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1}$$

$$\Rightarrow F_2 > F_1$$

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

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



شکل ۱۸ــ مدار هیدرولیکی سیستم ترمز

مطابـق شـکل۱۸میزان نیـروی پـای رانـنـده($F=۱۰۰N$) بـرای ایجاد نیـروی ترمـزی($Fs=mv^۲$) به منظـور متوقف کـردن خـودرو کافـی نیسـت؛ بنابرایـن نیـروی پـای رانـنـده بـا اهـرم بنـدی پـدال ترمـز مطابـق اصـل گشـتاورها، افزایـش مـی یابد.

$$F_۱ \times a = F_۲ \times b \Rightarrow F_۲ = \frac{F_۱ \times a}{b} \qquad F_۲ = \frac{۱۰۰ \times ۰/۳}{۰/۱} = ۳۰۰N$$

$F_۱$= نیروی پای راننده برحسب (N)

$F_۲$= نیروی اعمالی به سیلندر اصلی ترمز (N)

a= فاصلهٔ محل اعمال نیروی پای راننده تا تکیه‌گاه (m)

b= فاصلهٔ محل اعمال نیروی اعمالی به سیلندر اصلی تا تکیه گاه پدال ترمز (m)

با توجه به قانون پاسکال مطابق شکل ۱۷ پیستون سیلندر اصلی تحت نیروی $F_۲=۳۰۰N$ به سمت جلو حرکت می کند و مایع هیدرولیک ترمز تحت فشـــار قرار می گیرد. با توجه به قانون پاســـکال نیروی اعمالی به چرخ‌های جلو و عقب مطابق روابط ذکر شده محاسبه می شود.

F_m= نیروی اعمالی به سیلندر اصلی (N)

A_m= سطح مقطع سیلندر اصلی ($m^۲$)

F_f= نیروی اعمالی به چرخ‌های جلو (n)

A_f= سطح مقطع سیلندر چرخ جلو

F_r= نیروی اعمالی به چرخ‌های عقب (N)

A_r= سطح مقطع سیلندر چرخ عقب

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

$$\frac{F_m}{A_m} = \frac{F_f}{A_f} \Rightarrow F_f = \frac{F_m \times A_f}{A_m} = \frac{۳۰۰ \times ۰/۲}{۰/۰۴} \Rightarrow F_f = ۱۵۰۰N$$

$$\frac{F_m}{A_m} = \frac{F_r}{A_r} \Rightarrow F_r = \frac{F_m \times A_r}{A_m} = \frac{۳۰۰ \times ۰/۰۵}{۰/۰۴} \Rightarrow F_r = ۳۷۵N$$

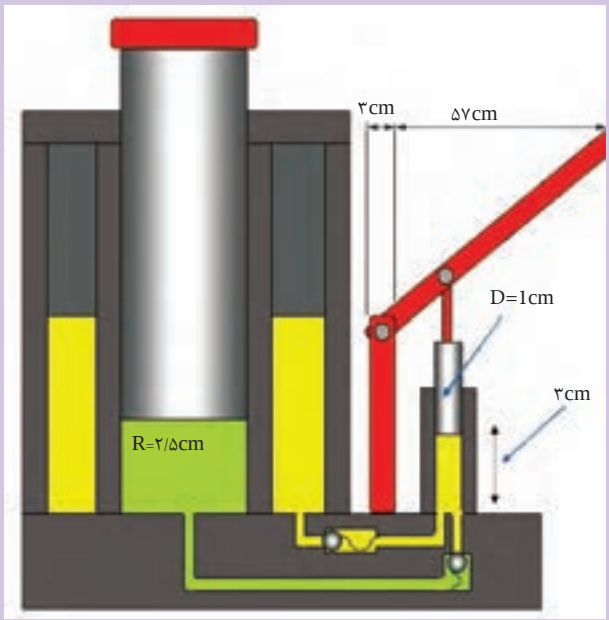
باتوجه به محاسبات اشاره شده می توان نتیجه گرفت که فشار اعمالی به چرخ‌های جلو و عقب یکسان است، اما نیروی ترمز اعمالی به لنت چرخ‌های جلو بسیار بیشتر از نیروی اعمالی به لنت چرخ‌های عقب است. همچنین هر دو نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب در مقایسه با نیروی پای راننده بسیار بیشتر هستند.

کار کلاسی

در مورد تفاوت میزان نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب خودرو بحث و گفت وگو کنید.

فعالیت

شکل۱۹، جک هیدرولیکی را نشان می‌دهد. در صورتی که نیروی ۱۰۰ نیوتن به سر اهرم جک اعمال شود، فشار و نیروی تولیدی روی پیستون بزرگ جک را محاسبه کنید.



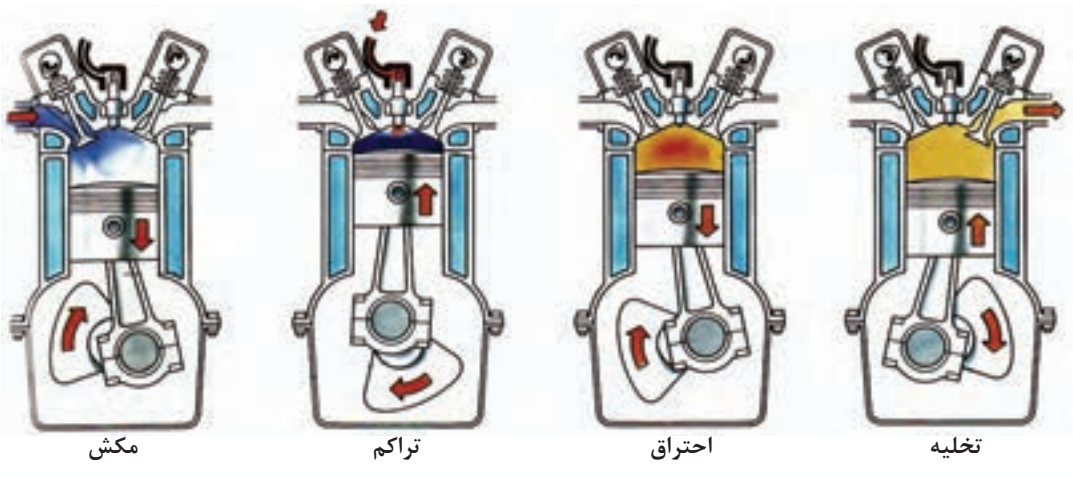
شکل ۱۹ـ جک هیدرولیکی

محاسبات سیلندر

یادآوری: اصطلاحات فنی مورد نیاز

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

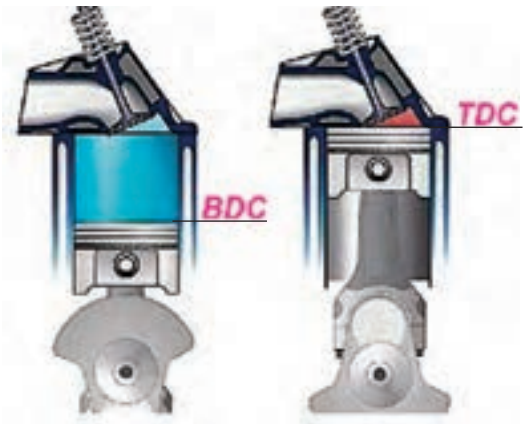
۱ـ سیکل: به مجموع چهار زمان کامل موتور شامل مکش، تراکم، احتراق و تخلیه گفته می شود.



شکل ۲۰ـ چهار مرحله کاری موتور

۲ـ نقطـــهٔ مـــرگ پایین (ن.م.پ) (BDC): در مســـیر حرکت پیســـتون پاییـــن‌ترین نقطه ای اســـت که در آنجا ســـرعت پیستون صفر شده و تغییر جهت حرکت می‌دهد.(شکل ۲۱).

۳ـ نقطهٔ مرگ بالا (ن.م.ب) (TDC): در مسیر حرکت پیســـتون بالاترین نقطه ای اســـت که در آنجا سرعت پیستون صفر شده و تغییر جهت می‌دهد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱ـ نقطهٔ مرگ بالا و پایین

محاسبه سطح پیستون

پیســـتون قطعه‌ای استوانه ای شکل است که در داخل ســـیلندر حرکت رفت و برگشتی می‌کند. 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 رابطهٔ زیر برقرار خواهد بود.

$A=\pi r^2=\frac{\pi D^2}{4}$	A: سطح پیستون بر حسب (m^2) r: شعاع پیستون بر حسب (m) D: قطر پیستون بر حسب (m)

مثال: مساحت کف پیستونی با قطر ۸۰ mm چند سانتی متر مربع است؟

پاسخ:

$$A=\frac{\pi D^2}{4}$$

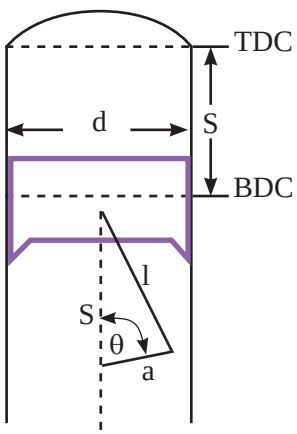
$$A=\frac{(3/14\times 8^2)}{4}=50/24cm^2$$

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

کار کلاسی

پیستون سطح صاف	پیستون با سطح مقعر	پیستون با سطح محدب

کورس پیســـتون: با توجه به شکل ۲۲، به فاصلهٔ بین نقطهٔ مرگ بالا و نقطه مرگ پایین که پیستون حرکت می‌کند، کورس یا طول جابجایی پیستون می‌گویند و با حرف S نمایش داده می شود.



شکل ۲۲ـ کورس پیستون

مطابق شکل ۲۲ می‌توان نتیجه گرفت که کورس حرکت پیستون برابر با قطر دایره لنگ میل لنگ است.

نکته

حجم مفید یا جابه‌جایی سیلندر (V_S)

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

$$V_s = A.S = \frac{\pi \times D^{۲}}{۴} \times S$$

کار کلاسی

اگر قطر سیلندری ۸۰ mm و کورس پیستون ۷۰ mm باشد، محاسبه کنید:

الف) سطح پیستون برحسب $cm^{۲}$

پاسخ: .....

.....

ب) حجم مفید سیلندر بر حسب لیتر

پاسخ: .....

.....

تذکر: سطح پیستون‌هایی که به صورت برآمده و یا فرو رفته است در محاسبهٔ 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: قطر سیلندر موتوری ۱۰ cm و کورس آن ۱۰ cm است. در صورتی که حجم تراکم سیلندر cm^3 ۸۰ باشد، محاسبه کنید:

الف) مساحت کف پیستون بر حسب cm^2

ب) حجم کل سیلندر بر حسب cm^3

$d = ۱۰cm, s = ۱۰cm, V_c = ۸۰cm^3$

$A = ?cm^2 , V_t = ?cm^3$

$$A = \frac{\pi D^2}{۴} = \frac{۳/۱۴ \times ۱۰^2}{۴} = ۷۸/۵ cm^2$$

$V_t = V_s + V_c$

$V_s = A \times S = ۷۸/۵ \times ۱۰ = ۷۸۵cm^3$

$V_t = ۸۰ + ۷۸۵ = ۸۶۵cm^3$

کار کلاسی

حجم کل سیلندر موتوری($۶۰۰ cm^3$)، حجم تراکم آن($۹۷/۶ cm^3$) 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 برحسب میلی متر

پاسخ :.....

.....

حجم مفید موتور (V_E)

حجم مفید موتور که به آن حجم جابه‌جایی کل موتور نیز گفته می شود، از حاصل‌ضرب تعداد سیلندر در حجم جابه‌جایی یک سیلندر بدست می آید. حجم جابه‌جایی 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 می‌کنند. برای مثال عدد ۲۰۰۰ روی خودرو پژو ۴۰۵ و یا عدد ۱۷۰۰ روی بدنه خودرو سمند موتور ملی (EF7) نشان دهندهٔ این حجم است .

برای محاسبهٔ 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_e)

نسبت تراکم نسبت حجم کل به حجم تراکم سیلندر است. در مرحلهٔ تراکم پیستون از نقطهٔ مرگ پایین حرکت کرده و مخلوط هوا و سوخت داخل سیلندر را متراکم کرده تا به نقطهٔ 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 می‌شود و فشار درون سیلندر افزایش یافته و بیشترین مقدار تراکم به وجود می‌آید. به بیان ساده‌تر نسبت بیشترین حجم به کمترین حجم سیلندر را نسبت تراکم گویند. از مطالب فوق می‌توان روابط زیر را برای نسبت تراکم استخراج کرد.

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

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

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

پاسخ:

$$V_c = 60 cm^3$$
$$R_c = 10:1$$
$$V_s = ?\, cm^3 \qquad V_s = V_c(R_c - 1) = 60(10 - 1) = 540 cm^3$$

نسبت تراکم موتوری که قطر هر سیلندر آن (۸۰ mm) و کورس پیستون آن (۶۰ mm) و حجم تراکم هر سیلندر آن ($49\ cm^3$) باشد، چقدر است؟

کار کلاسی

کارپیستون

نیروی ایجاد شده روی پیستون در کورس جابه‌جایی 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: کار پیستون برحسب ژول A: سطح مقطع پیستون برحسب (m^2) S: کورس پیستون بر حسب (m) F_m: نیروی متوسط روی سطح پیستون بر حسب (N) P_m: فشار متوسط احتراق بر حسب (N/m^2)	$W= F_m.S = P_m.A.S$

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.

کار کلاسی

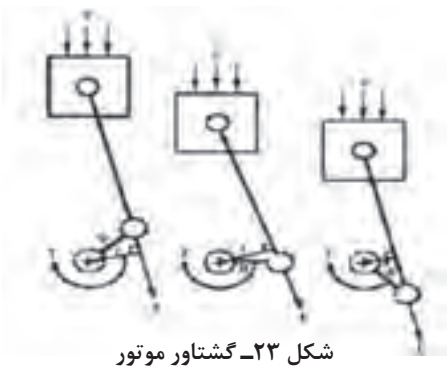
گشتاور موتور

گشـــتاور موتور به روشی ساده از حاصل ضرب نیروی متوسط پیستون در فاصله عمودی شعاع میل‌لنگ به‌دست می‌آید.

نیروی متوسط پیستون از حاصل ضرب فشار متوسط احتراق ضربدر مساحت سر پیستون به‌دست می‌آید.

$$F_m = P_m \times A$$

نکته



شکل ۲۳ــ گشتاور موتور

M: گشتاور موتور بر حسب (N.M) F_m: نیروی وارد به سطح پیستون (N) R: شعاع میل لنگ	$M= F_m.R$

گشـتاور موتـوری کـه دارای قطـری برابـر بـا ۱۰ سـانتی متـر، کـورس پیسـتون ۷۴ میلـی متر و فشـار متوسـط احتراقـی برابـر بـا ۵۰ اتمسـفر بـر آن وارد مـی شـود را محاسـبه کنید.

کار کلاسی

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

نکته

توان تئوری موتور

از حاصل‌ضرب نیروی متوســـط پیستون در سرعت متوســـط آن توان تئوری موتور به‌دست می‌آید که می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$Pi_{(ps)} = \frac{F \times V \times K}{۷۵} = \frac{P_m \times A \times s \times n \times K}{۷۵ \times ۶۰}$$

Pi:توان تئوری موتور بر حسب (ps)
Pm: فشار متوسط احتراق ($kg/cm^۲$)
V: سرعت متوسط پیستون (m/s)
K: تعداد سیلندر

$$Pi_{(KW)} = \frac{P_m \times A \times s \times n \times K}{۶۰۰۰۰}$$

Pi: توان تئوری موتور بر حسب (KW)
Pm: فشار متوسط احتراق ($N/cm^۲$)
K: تعداد سیلندر

توان خروجی یا توان مفید موتور

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

$$P_e = \frac{M \times n}{۷۱۶}$$

P_e= توان مفید موتور (Ps) اسب بخار
M= گشتاور موتور برحسب (kg.m)
n= دور موتور(دور بر دقیقه)

$$P_e = \frac{M \times n}{۹۵۵۰}$$

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

کار کلاسی

قطر دهانهٔ سیلندر موتور چهار زمانهٔ چهار سیلندری برابر ۸۰ میلی متر و کورس پیستون آن ۱۰۰ میلی متر اســـت. 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 سیلندرهای 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 برحسب کیلو وات
هـ) 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.
و) توان تئوری موتور بر حسب اسب بخار

دانستنی ها

دینامومتر

گشـــتاور و توان موتور از مشخصه های مهم در بررســـی یک موتور محسوب می‌شوند. برای اندازه گیری توان و گشتاور موتور دینامومتر به میل لنگ متصل می‌شود تا توان و گشتاور موتور را اندازه گیری نماید.

شکل ۲۴ـ دینامومتر

راندمان

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

ـ راندمان حرارتی موتور ـ راندمان مکانیکی جعبه دنده ـ راندمان الکتریکی

در ادامه به بررسی راندمان های فوق پرداخته می‌شود.

راندمان حرارتی موتور

شکل ۲۵ـ راندمان حرارتی موتور

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

فکرکنید

آیا می‌دانید چند درصد از انرژی سوخت مصرفی برای تولید انرژی حرکتی خودرو به‌کار گرفته می شود.

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 می کند.

$$\eta_v = \frac{\text{حجم گاز پر شده در سیلندر در حالت عملی}}{\text{حجم گاز پر شده در سیلندر در حالت تئوری}} \times ۱۰۰ \qquad \eta_v = \text{راندمان حجمی موتور}$$

فکرکنید

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

راندمان مکانیکی موتور

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

$$\eta_m = \frac{\text{توان خروجی موتور}}{\text{توان تئوری موتور}} \times ۱۰۰ \qquad \eta_m = \text{راندمان مکانیکی موتور}$$

کار کلاسی

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
.... m	.....	۱۴km
.... m	.....	۴۲۰μm
.... m	.....	۲۳dam
..... m	.....	۱۴/۷cm
.... cm	.....	۱۴dm
.... cm	.....	۲/۴m
.... dm	.....	۱۴۵mm
..... dm	.....	۲۸/۹hm
..... mm	.....	۱۲۴μm
..... mm	.....	۰/۰۴dm
.... μm	.....	۲/۱dm
..... μm	.....	۵/۱۵cm

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
.... m	.....	۱۲۰cm
..... m	.....	۴۲۰mm
.... m	.....	۵/۱۷
..... m	.....	۲۰hm
..... cm	.....	۱۶/۵mm
..... cm	.....	۰/۴m
..... dm	.....	۳/۰۲۱m
.... dm	.....	۲/۶km
..... mm	.....	۱۹/۶cm
..... mm	.....	۳/۵۱dm
..... μm	.....	۲/۰۸mm
.... μm	.....	۰/۰۲km

۲- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

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

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

۳- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
.... yd	.....	۱۲۰m
.... mi	.....	۲۱۵۰m
.... ft	.....	۲/۳m

یکای مورد نظر	ضریب تبدیل	اندازه
.... in	.....	۱۲/۵cm
..... in	.....	۲۱۰mm
.... in	.....	۴۵/۳m

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

الف) $34^\circ\ ,\ 12'\ ,\ 48''$ ب) $22'\ ,\ 35''$ ج) $14^\circ\ ,\ 52''$

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

A	B	A+B	B-A
$52^\circ,45',20''$	$38^\circ,21',46''$		
$4^\circ,25',44''$	$2^\circ,45''$		

۶- تراکتور مطابق شـــکل زیر با سرعت 54 km/hr در حال حرکت است، در صورتی که قطر چرخ جلو 85 cm و قطر چرخ عقب 1/4 m باشد، تعداد دوران هر چرخ را برحسب دور بر دقیقه به دست آورید.

شکل ۲۶

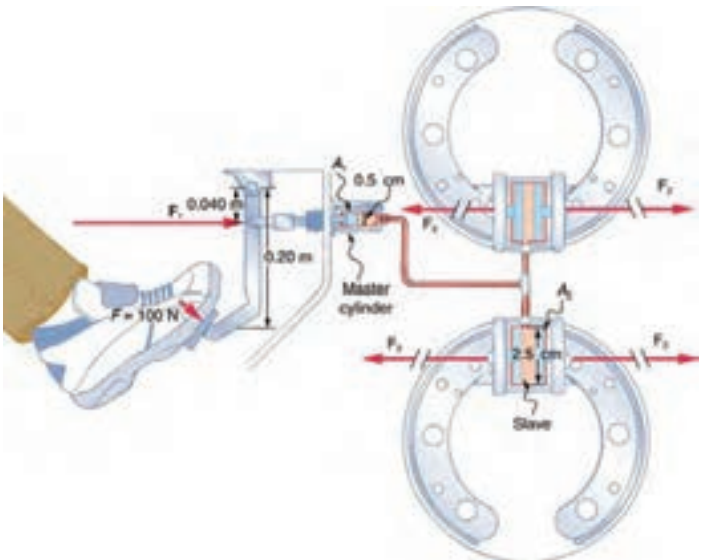
۷ـ در جدول زیر مقادیر خواسته شده را به‌دست آورید. (با استفاده از روابط تسمه ساده)

	الف	ب	ج
d_1	۱۸۰	۲۵۰	۱۱۲
d_2	۳۱۵	۵۰	؟
$n_1(\frac{1}{min})$	۸۰۰	؟	؟
$n_2(\frac{1}{min})$	؟	۱۴۰۰	۵۶۰
i	؟	؟	۲/۵

۸ـ در جدول زیر مقادیر خواسته شده را به‌دست آورید. (با استفاده از روابط تسمه‌های مرکب)

	الف	ب	ج
$d_1(mm)$	۱۱۲	۴۵۰	۲۴۰
$d_2(mm)$	۶۷۲	۱۸۰	؟
$d_3(mm)$	۱۲۰	۲۲۴	۱۴۵
$d_4(mm)$	۲۴۰	؟	۱۱۶
$n_1(\frac{1}{min})$	۱۴۴۰	۲۸۰	۳۱۵
$n_4(\frac{1}{min})$	؟	۱۴۰۰	؟
i	؟	؟	۰/۶

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



شکل ۲۷

۱۰- توان مفید موتور ۴ زمانه‌ای در دور rpm ۲۵۰۰ با راندمان مکانیکی ۸۵ درصد برابر با ۵۱ کیلو وات اســـت. مقدار توان تئوری را بر حسب کیلو وات محاسبه کنید.

۱۱- قطر دهانهٔ ســـیلندر 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 rpm ۳۰۰۰ باشد، تعیین کنید:

الف) حجم مفید سیلندرهای موتور بر حسب لیتر

ب) نیروی مؤثر احتراق روی پیستون بر حسب نیوتن

ج) کار تئوری یک پیستون برحسب کیلوگرم متر

د) توان خروجی موتور در صورتی که بازدهٔ مکانیکی موتور برابر ۹۰ درصد باشد. برحسب بخار و کیلووات

هـ) توان تئوری موتور بر حسب اسب بخار و کیلووات

۱۲- اگر نســـبت تراکم یک موتور ۴ســـیلندر ۱۱:۱، 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

ارزشیابی شایستگی

اصول مبانی کاربردی در خودرو

شایستگی	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نمره شایستگی	شاخص تحقق
کسب توانایی در محاسبات ساده نیرو، گشتاور انتقال نیرو و کاربرد آن در تعمیرات	محاسبات مربوط به تبدیل واحدها و نیرو و گشتاور و فشار و بازده	۳	استفاده از محاسبات مربوط به نیرو و فشار در تعمیرات
		۲	محاسبات تبدیل واحد و نیرو و فشار
		۱	محاسبات تبدیل واحدها
نمره مستمر از ۱			
نمره واحد یادگیری از ۳			
نمره واحد یادگیری از ۲۰			

زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که ۲ نمره از ۳ نمره هر واحد یادگیری را اخذ کند.
نمره کلی درس زمانی لحاظ می‌شود که هنرجو در کلیه کارها شایستگی را کسب کند.

پودمان ۵

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل

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

قطعـات و سـازه هـا در هنـگام اسـتفاده از آنهـا یـا بـه مـرور زمـان دچـار خرابـی و شکسـت مـی شـوند. در شـکل زیـر نمونـه هایـی از خرابـی و شکسـت را مشـاهده مـی کنید.

شکل ۱ـ خرابی و شکست قطعات

آنها در یک چیز مشترک هستند؟ خرابی

فعالیت

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؟

پاسـخ : .....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت‌اند از:

کار کلاسی

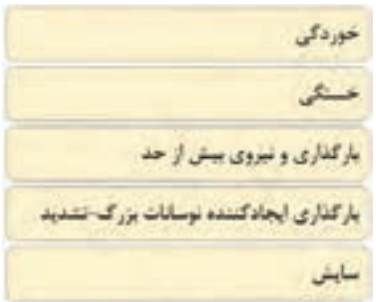
به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه ها که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید، چیست؟

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

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

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

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



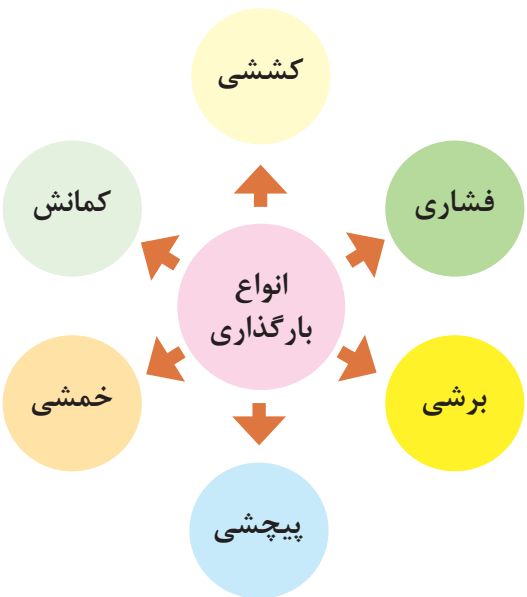
فکرکنید

در مورد روش دیگری از خرابی قطعات بحث و گفت‌وگو نمایید؟

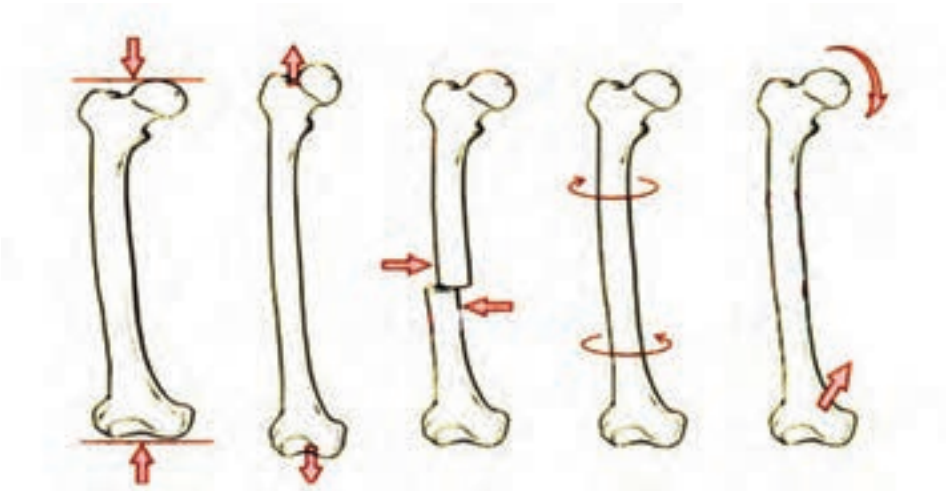
وقتی قطعه‌ای خراب است یعنی اینکه نمی تواند کاری که از آن خواسته شده است را به درستی انجام دهد. وقتی که می گوییم یک قطعه مقاوم اســـت، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابه‌جایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در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

بارگذاری و نیروهای وارده روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاورهای متفاوتی روی قسمت‌های مختلف آنها وارد می‌شود. این بارگذاری‌ها به شکل‌های گوناگونی انجام می‌گیرد (شکل ۲). نیروها می‌توانند بر قطعه در جهت‌های مختلف وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه باید در مقابل این نیروها و بارگذاری‌ها، هنگامی که به‌صورت آرام یا به صورت ضربه و یا پی در پی اعمال می‌شود، از خود مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های مختلفی تشکیل شده است که تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار می‌گیرد؛ برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری کششی، بارگذاری فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می‌گیرد (شکل ۳).



شکل ۲ـ انواع بارگذاری روی قطعات



شکل ۳ـ انواع بارگذاری ها روی استخوان

جلوه‌های آفرینش:

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌ها وضعیت گوناگونی دارند. حفاظت از اندام هایی مانند مغز، قلب، شش ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان بر پایه اسکلت و استخوان ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد، شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان‌ها به مرور کمتر و در بزرگ‌سالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیش‌ترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد.طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پا است. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد.کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کمتر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند اما ۷۵ درصد آن‌ها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو روی آنها متفاوت است. در هر نوع از بارگذاری بیش از حد روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.

فعالیت

با استفاده از یک خط کش فلزی، انواع بارگذاری ها را روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی خط کش در هر نوع بارگذاری توجه کنید. بارگذاری می تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط‌کش، عمود بر خط کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود (شکل۴).

شکل ۴ـ انواع بارگذاری روی خط‌کش فلزی

کار کلاسی

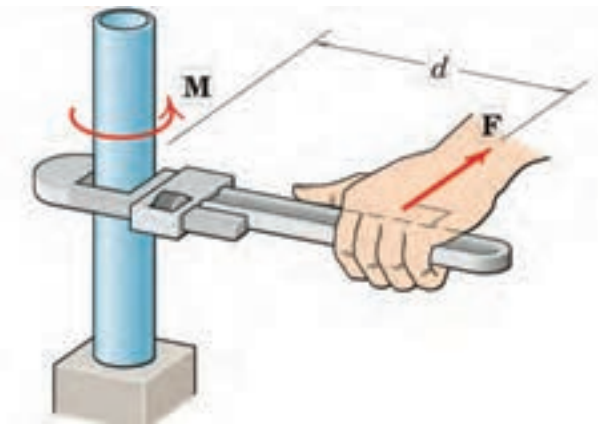
در کدام نوع از بارگذاری، خط‌کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید؟

پاسخ : .....

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

۱- وارد کردن نیرو

۲- وارد کردن گشتاور



شکل ۵ ـ علائم گشتاور و نیرو

واحد نیرو نیوتن (N) و واحد گشتاور نیوتن متر(N.m) است. به‌صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به‌صورت شکل ۵ نشان می دهند. به d بازوی گشتاور می‌گویند.

کار کلاسی

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 : .....

پژوهش

همان‌طور 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 تأمین انرژی نیستند می توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر کرد؟

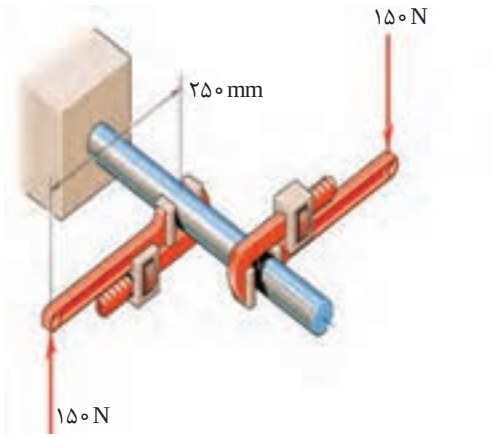
پاسخ : .....

مثال:

در شکل ۶ دو آچار شلاقی یکسان روی میله گشتاور وارد می کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی متر است. گشتاور کلی وارده به نقطه اتصال میله به دیوار را برحسب نیوتن متر به‌دست آورید.

گشتاور هر آچار = ۱۵۰ (N) × ۰.۲۵ (m) = ۷۵ (N.m) × ۲ = گشتاور

جهت گشتاور کلی در جهت عقربه های ساعت است.

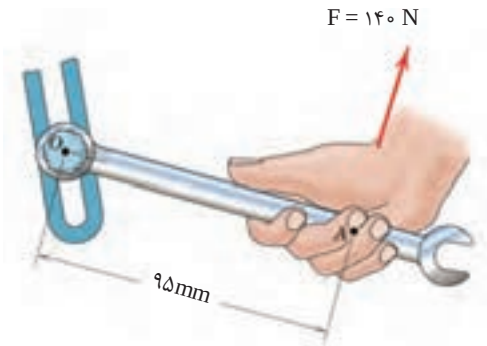


شکل ۶ــ وارد کردن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

کار کلاسی

گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل ۷ برحسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

پاسخ : .....



شکل ۷ــ وارد کردن گشتاور بر میله از طریق آچار

کار کلاسی

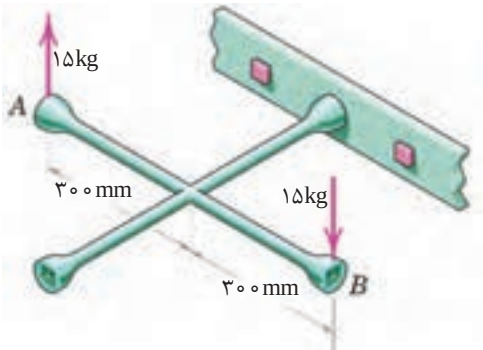
گشتاور وارده به پیچ را در شکل ۸ بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

پاسخ : .....

.....

.....

.....



شکل ۸ــ وارد کردن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

پژوهش

در شکل ۹ 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 ۹ــ گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست ها

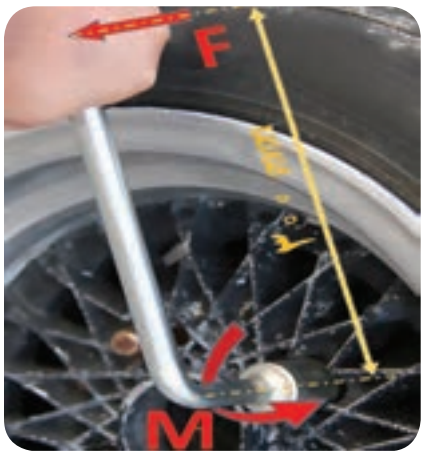
کار کلاسی

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

پاسخ : .....

.....

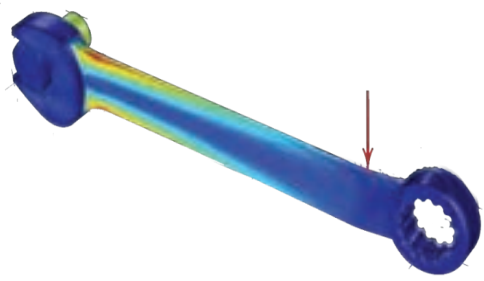
.....



شکل ۱۰ــ باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچارچرخ

الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

همـــان‌طور که تجربه کردید روی قطعـــات 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 همهٔ نقاط در قطعه بیشـــتر است. در شکل ۱۱ قســـمت های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش ها را در ذهن خود مرور کنید.



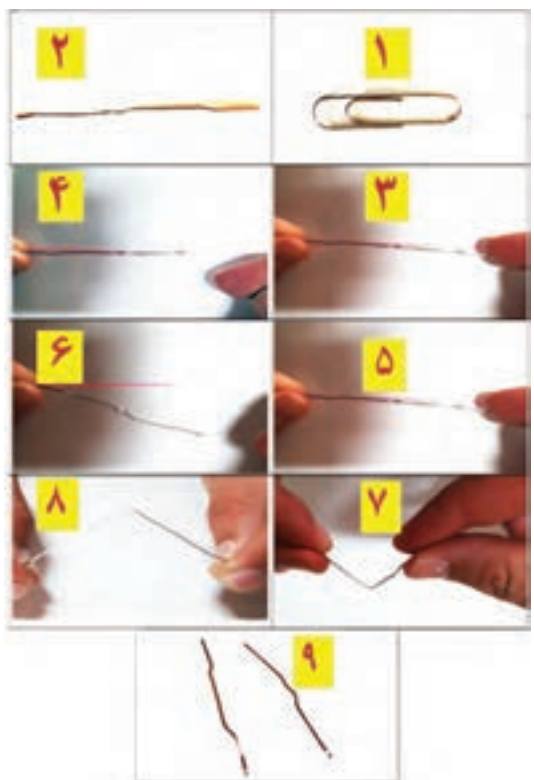
شکل ۱۱ــ قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری با رنگ قرمز مشخص شده است.

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

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

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

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



شکل ۱۲ــ آزمایش بارگذاری روی یک مفتول گیره کاغذ

کار کلاسی

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

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

پاسخ : .....

.....

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

پاسخ : .....

.....

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

پاسخ : .....

نکته

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 برنگشت، 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.

جلوه آفرینش:

دانشمندان دریافتند حشرهٔ آسیابک (**dragonfly**)با طول حداکثر ۳/۸ 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 گلاید یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره، بال های آن چند بار بالا و پایین می رود؟ 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!

شکل ۱۳ـ حشره آسیابک

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 جابه‌جایی 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 این‌که 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.

کار کلاسی

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: .....

.....

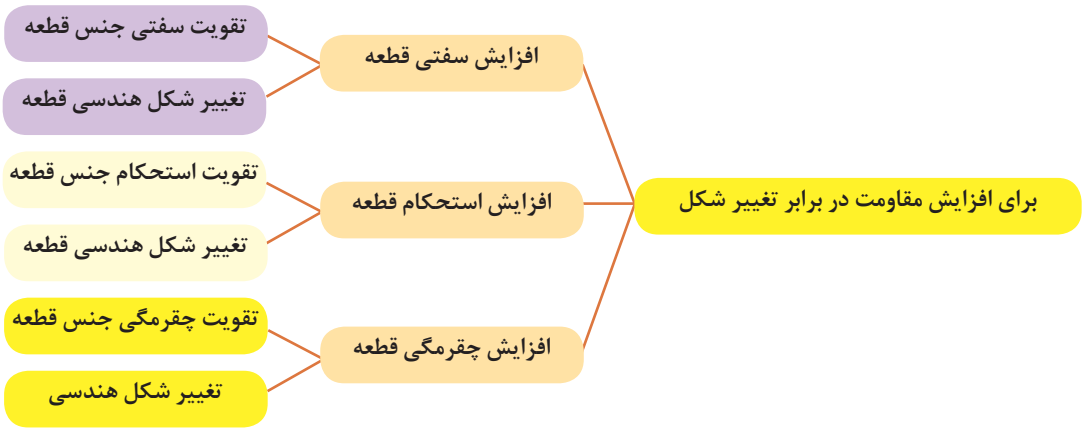
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:

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 تحمل کنند.

۳- استفاده از تکیه‌گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه گاه‌های خوب سبب می شود که قطعات نیروی بیشتر تحمل کنند.

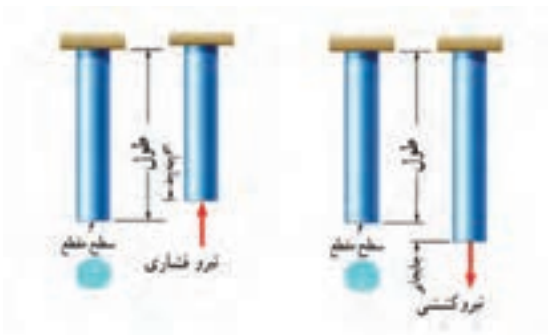
در نمودارشکل ۱۴ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



شکل ۱۴ــ روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

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). همان‌طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود بازمی گردند.



شکل ۱۵ــ بارگذاری کششی و فشاری

سفتی قطعه در بار گذاری کششی:

جابه‌جایی 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 بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود.

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

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هر چه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی 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 بارگذاری کششی

نیـروی وارده بـه واحـد سـطح را تنـش گوینـد. هـر چـه نیـرو بیشـتر و سـطح مقطع کوچکتر باشـد تنش بیشـتر مـی‌گـردد. هرچـه تنـش کششـی یـا فشـاری بیشـتر شـود، قطعـه بـه خرابـی و شکسـت نزدیـک‌تر می شـود.

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

اگر تنش کششـــی یا فشـــاری در یک قطعه، بیشتر از استحکام کششـــی جنس قطعه 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 شده اند، 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

کار کلاسی

در شـــکل ۱۶ دو میلـــه از جنس فولاد تحـــت بارگذاری یکسان کشیده می شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند کدام‌یک بیشتر کشـــیده می شوند؟ در گروه خود بحث کنید.

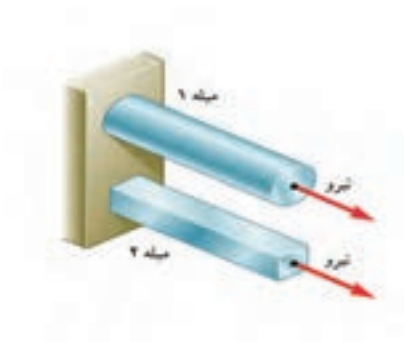
پاسخ : .....

.....

.....

.....

.....



شکل ۱۶ــ بارگذاری یکسان بر روی میله هایی با طول و جنس و وزن یکسان

کار کلاسی

در شـــکل ۱۷ دو میلـــه از جنس فولاد با ســـطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است(طول میله ها برابر است).

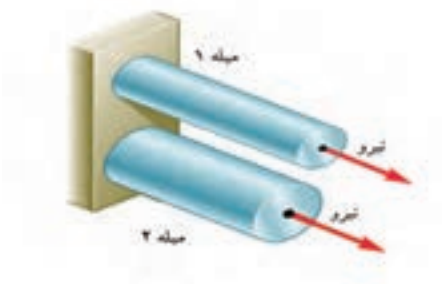
پاسخ : .....

.....

.....

.....

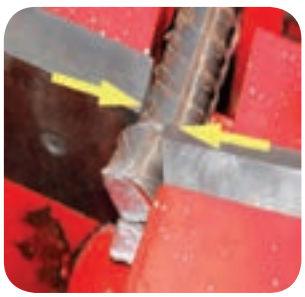
.....

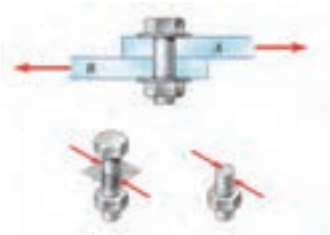


شکل ۱۷ــ بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

اگر بار اعمال شـــده سبب بریدن قطعه شود، بارگذاری برشـــی 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).





شکل ۱۸ـ بارگذاری برشی

استحکام قطعه در بارگذاری برشی

نیروی برشـــی وارده به واحد سطح را تنش برشی می‌گویند. 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 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. اســـتحکام برشی جنس های مختلف در قطعه متفاوت است. پس برای افزایش ضریب اطمینان و گسیخته شدن 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 بی‌تأثیر است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت اســـت. هر چه اســـتحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام قطعه در برابر بارگذاری برشی نیز بیشتر خواهد بود.

استحکام برشی فولاد>استحکام برشی مس> استحکام برشی آلومینیوم

کار کلاسی

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

پاسخ : .....

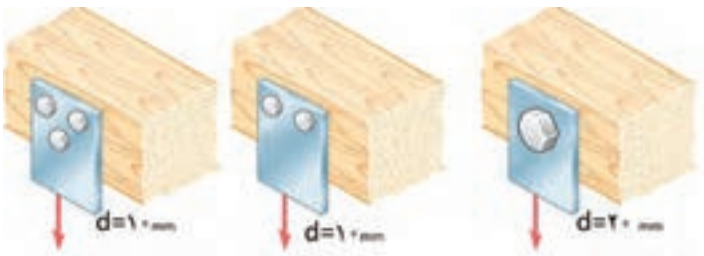
.....

شکل ۱۹ـ لبه های برندهٔ خراب شده در ناخن گیر و دم باریک

کار کلاسی

در شکل ۲۰ یک تسمهٔ 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 پیچ ها دیرتر بریده می شوند. در گروه خود بحث کنید.

پاسخ : .....



ج ب الف

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

کار کلاسی

۱ـ با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارده یکسان تنش برشی وارده به کدام‌یک بیشتر است؟ کدام یک راحت‌تر بریده می شود،چرا؟

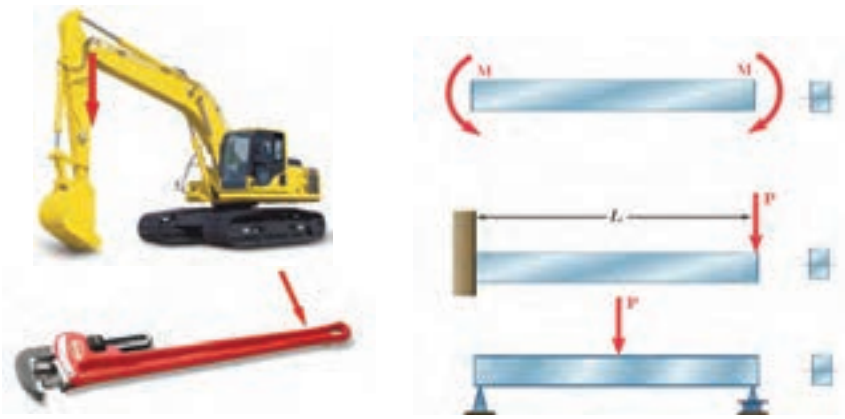
پاسخ : ....

۲ـ 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 از انواع بارگذاری‌ها، بارگذاری خمشـــی است (شکل ۲۱). با اعمال گشتاور به دو طرف قطعه و اعمال نیرو به انتهای یک تیر یک سر درگیر و با اعمال نیرو به وسط یک تیر با دو تکیه‌گاه نشان داده شده است. هر یک از این سه مورد باعث نوعی خمش در تیر می‌شود.



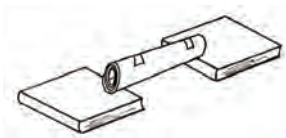
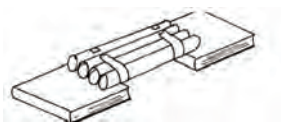
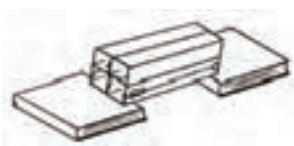
شکل ۲۱ـ انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

کار کلاسی

با استفاده از روش های نشان داده شده در شکل ۲۱ بر روی خط کش فلزی بارگذاری خمشی انجام دهید؟

کار کلاسی

دو کاغذ A۴ 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 خمش 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 خمش 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 ۲۲ــ بررسی مقاومت در برابر بارگذاری خمشی

کار کلاسی

پس از انجام آزمایش ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

پاسخ : .....

.....

۲- استحکام کدام قطعه و سازهٔ 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 : .....

.....

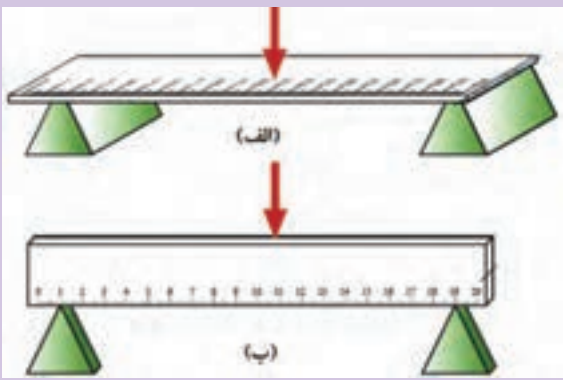
کار کلاسی

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).

پاسخ : .....

.....

.....



شکل ۲۳ـ 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

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

شکل ۲۴ـ انواع سطح مقطع در خمش

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

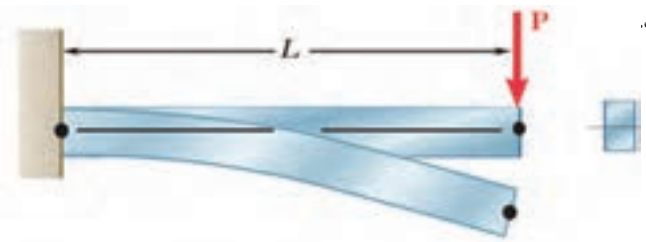
کار کلاسی

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه‌های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع‌ها 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 می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای آن خواهد بود.



شکل ۲۵ـ خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

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

پاسخ:.....

.....

جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطهٔ مستقیم دارد و با ممان‌اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطهٔ عکس دارد؛ یعنی هر چه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت، جابه‌جایی کمتر می شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.

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

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

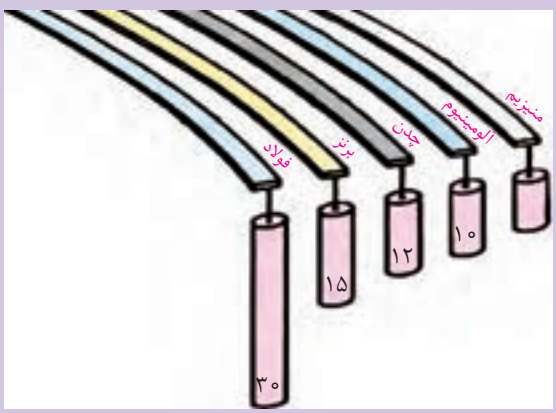
کار کلاسی

در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابه‌جایی و طول قطعات در شکل ۲۶، بحث و گفت‌وگو کنید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید؟

پاسخ:.....

.....

.....



شکل ۲۶ـ جابه‌جایی 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 می‌شود. اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه در هنگام خمش بیشتر از استحکام کششی یا فشاری شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر خمش، کاهش تنش خمشی وارد بر آن است. برای این کار باید ممان اینرسی قطعه حول محور خمش را افزایش دهیم. یعنی هرچه ممان اینرسی بیشتر باشد، قطعه در مقابل خمش مستحکم‌تر است.

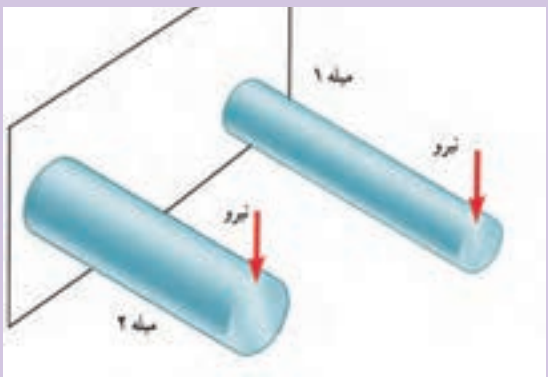
$$\text{تنش در قطعه هنگام خمش} \propto \frac{\text{گشتاور}}{\text{ممان اینرسی}}$$

اگر وزن و طول قطعه‌ای 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 دایرهٔ توخالی بهترین استحکام خمشی را دارد. این موضوع را در آزمایش با کاغذها تجربه کردید.

کار کلاسی

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

پاسخ : .....



شکل ۲۷ـ بارگذاری خمشی دو میله با جنس و طول یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

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

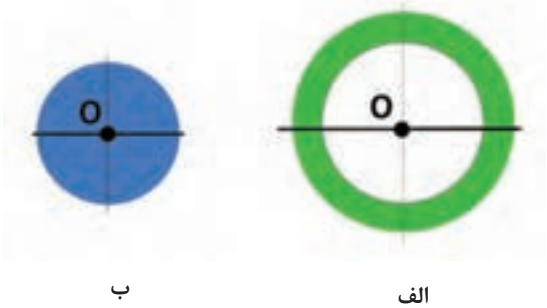
شکل ۲۸ـ روش‌هایی برای پیچاندن قطعه

کار کلاسی

با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط‌کش فلزی را دچار پیچش کنید و سپس شکل‌های آنها را ترسیم کنید؟
پاسخ : .....
.....

ممان اینرسی قطبی

ممان اینرسی قطبی عامل مقاوم در مقابل پیچش است و هرچه ذرات تشکیل دهندهٔ 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 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.

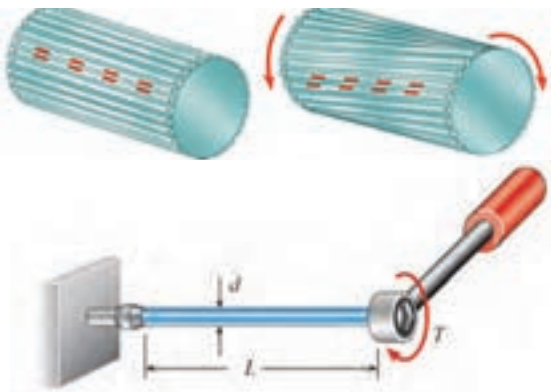


شکل ۲۹ـ ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

سفتی قطعه در بارگذاری پیچشی

هنگامی که قطعه‌ای تحت بارگذاری پیچشی قرار می‌گیرد، ذارت جسم حول محور خود دوران می کنند و جابه‌جا می‌شوند. انواع بارگذاری برای ایجاد پیچش در جسم وجود دارد.

به شکل ۳۰ نگاه کنید. زاویهٔ پیچشی یا جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطهٔ مستقیم دارد و با ممان‌اینرسی قطبی و سفتی برشی جنس قطعه(که به آن صلابت هم گفته می‌شود) رابطهٔ عکس دارد. یعنی هر چه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می شود و قطعه در مقابل پیچش سفت‌تر است.



شکل ۳۰ـ پیچش در یک قطعه

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

هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها در مقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

سفتی برشی فولاد>سفتی برشی مس >سفتی برشی آلومینیوم

کار کلاسی

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

پاسخ : .....

.....

استحکام قطعه در بارگذاری پیچشی

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

$$\text{تنش در قطعه هنگام خمش} \propto \frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}}$$

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

کار کلاسی

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):

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

شکل ۳۱ـ یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی

پژوهش

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)

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

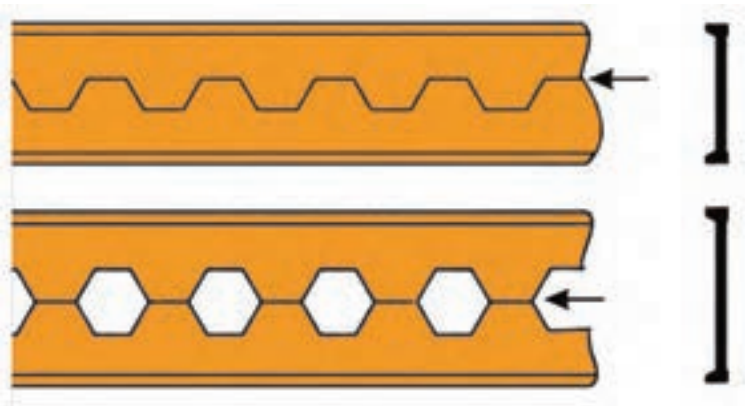
چند نمونه تمرین

تمرین ۱:

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

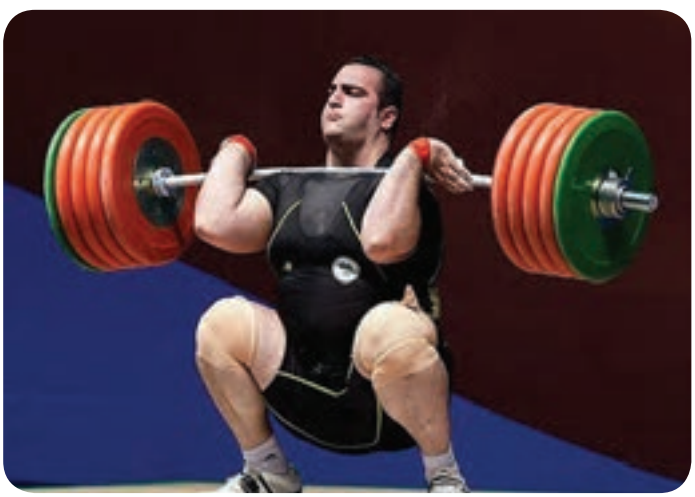
تمرین ۲:

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 میلهٔ وزنه برداری وارد می شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه‌حلی پیشنهاد می‌کنید؟



پژوهش

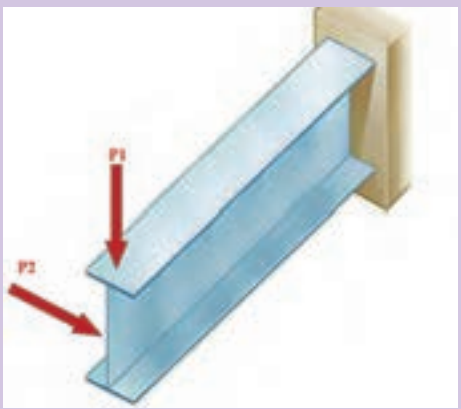
همان‌طور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بـــر عهده دارند؛ یعنی اینکه اگر برق بخواهد به قطعه‌ای صدمـــه وارد کند، فیوز از این کار محافظت می‌کند و خود را قربانی می کند. به همین صورت در وســـایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی ســـبب می شـــود تا نیرو و گشـــتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشـــود و آنها دچار خرابی و شکســـت نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین های برشـــی از این جمله هســـتند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می کنند تا به آنها صدمه نزند تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

پژوهش

همان‌طور کـــه دیدید اســـتخوان‌های بدن انســـان هر کدام برای هدفی که دارند شـــکل هـــای متفاوتی دارند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از اســـتخوان ران پا اســـت که انواع مختلف بارگذاری در جهت‌های مختلف به آن وارد می شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیســـت؟ فکر می کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایرهٔ تو خالیست، انتخاب کرده است؟ به‌صورت گروهی پژوهش کنید.

کار کلاسی

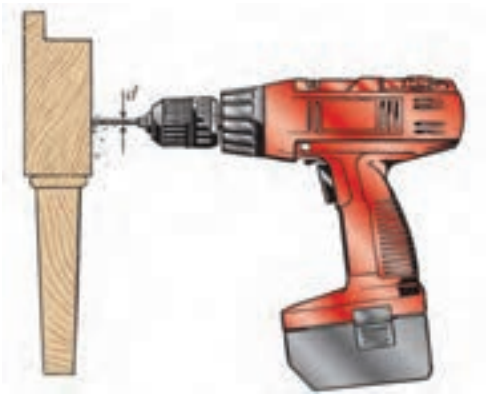
در شکل زیر اگر نیروی P۱ و P۲ با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید؟



پژوهش

مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش بررسی کنید.

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



پاسخ: .....

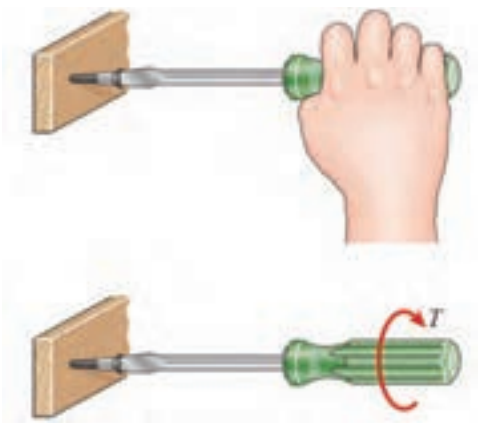
.....

.....

.....

.....

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



پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

.....

پژوهش

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

پاسخ: .....

.....

ارزشیابی شایستگی

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل

شایستگی	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نمره شایستگی	شاخص تحقق
کسب توانایی مقایسه سفتی قطعات مکانیک ساده در بارگذاری‌های خالص	مقایسه نسبی سفتی قطعات در بارگذاری کششی، فشاری، برشی، پیچشی، خمشی ساده با توجه به مشخصات هندسی و جنس آنها	۳	مقایسه نسبی سفتی قطعات در بارگذاری کششی، برشی، پیچشی، خمشی به‌طور صحیح
کسب توانایی مقایسه استحکام قطعات مکانیک ساده در بارگذاری‌های خالص		۲	مقایسه نسبی سفتی قطعات در بارگذاری کششی، برشی، پیچشی به‌طور صحیح
		۱	مقایسه نسبی سفتی قطعات در بارگذاری کششی، برشی به‌طور صحیح
نمره مستمر از ۱			
نمره واحد یادگیری از ۳			
نمره واحد یادگیری از ۲۰			

زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که ۲ نمره از ۳ نمره هر واحد یادگیری را اخذ کند.
نمره کلی درس زمانی لحاظ می‌شود که هنرجو در کلیه کارها شایستگی را کسب کند.

منابع

۱ـ برنامه درســـی رشته مکانیک خودرو، ۱۳۹۴، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۲ـ برنامه درسی دانش فنی پایه.

۳ـ مستندات فنی شرکت‌های خودرو ساز.

4_ Jack Erjavec , “Automotive technology Asystem Approach “ ,5th edition , 2009 , Delmar Cengage Learning

5_ James D. Halderman “ Automotive technology principles ,Diagnosis and service “ , 4th Edition , 2011 , Prentice Hall

6_ Tom Denton ,” Automobile Electrical and Electronic Systems “ , 3th Edition , 2004 ,Elsevier

7_ Tim Gilles , “ Automotive Engines Diagnosis , repair , rebuilding “ , 6th edition , 2010 , Delmar

8_ James E. Duffy , “Modern Automotive Technology “ , 7th Edition , 2009 , Goodheart-Willcox

9_ Christopher Hadfield , ” Today’s Technician Automotive engine repair and rebuiding “ 4th Edition , , Delmar Cengage Learning