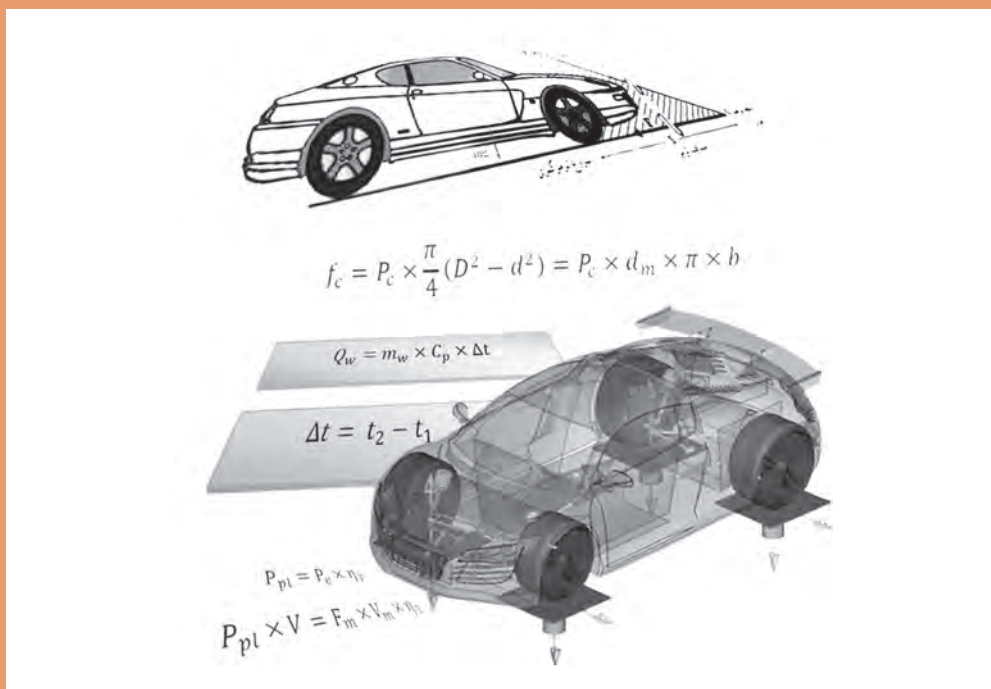


## پودمان ۳

### محاسبات کاربردی در خودرو



آیا می‌دانید چرا نمی‌توان هر رینگی را روی هر نوع خودروی سواری استفاده کرد؟

## مقدمه

در راستای عیب‌یابی و تعمیرات قسمت‌های مختلف خودرو و بهینه‌سازی مصرف سوخت، آشنایی با محاسبات موتور و قسمت‌های مختلف خودرو در افزایش دانش تعمیرکاران و راهکارهای عیب‌یابی، مؤثر می‌باشد. همچنین محاسبات ریاضی قسمت‌های مختلف در پرورش فکری و خلاقیت هنرجویان مفید می‌باشد. لذا در این پودمان به محاسبات پایه موتور و سیستم راه‌انداز کلاچ و نیروهای مقاوم در برابر حرکت خودرو پرداخته می‌شود.

## استاندارد عملکرد

هنرجو باید بتواند پس از پایان این پودمان محاسبات کاربردی در خودرو را انجام داده و از آنها در فرایند تعمیر استفاده کند.

## پیش آزمون

- ۱ گشتاور موتوری در دور  $2700 \text{ RPM}$  با قدرت مفید  $72 \text{ KW}$  چند نیوتن متر است؟  
 الف)  $720$  (ب)  $255$  (ج)  $350$  (د)  $420$
- ۲ کار پیستونی که سطح آن  $70$  سانتی متر مربع، کورس آن  $8$  سانتی متر و فشار متوسط احتراق بر روی آن  $75$  نیوتن بر سانتی متر مربع می باشد، چند ژول است؟  
 الف)  $420$  (ب)  $560$  (ج)  $5250$  (د)  $600$
- ۳ موتوری دارای قطر سیلندر  $80 \text{ mm}$  و کورس پیستون  $70 \text{ mm}$  دارای حجم تراکم سیلندر  $50 \text{ cm}^3$  می باشد. نسبت تراکم آن را حساب کنید؟  
 الف)  $10:1$  (ب)  $11:1$  (ج)  $9:1$  (د)  $8:1$

## محاسبات حرارتی موتور

در موتورهای احتراق داخلی هنگام احتراق مخلوط سوخت و هوا، انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی تبدیل می شود. در فرایند احتراق، بخشی از این انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی تبدیل می شود.

$$Q = m \times CV$$

محاسبه کل حرارت حاصل از احتراق

$Q =$  کل حرارت حاصل از احتراق بر حسب  $\text{Kj}$

$m =$  جرم سوخت مصرفی بر حسب  $\text{Kg}$

$CV =$  ارزش حرارتی سوخت  $\text{Kj/Kg}$

$$m = V \times \rho$$

از طرفی

$$Q = V \times \rho \times CV$$

پس

$V =$  حجم سوخت مصرفی بر حسب  $\text{m}^3$  یا  $\text{lit}$

$\rho =$  جرم حجمی سوخت  $\text{kg/m}^3$  یا  $\text{kg/lit}$

به نظر شما رابطه بین واحدهای  $\text{kg/lit}$ ،  $\text{kg/m}^3$  و  $\text{gr/cm}^3$  چیست؟

فکر کنید



ارزش حرارتی سوخت: عبارت است از مقدار انرژی حرارتی که از سوختن یک کیلوگرم یا یک لیتر ماده سوختی به دست می آید.



در جدول زیر چگالی نسبی و ارزش حرارتی چند نوع سوخت نشان داده شده است.

### چگالی نسبی و ارزش حرارتی بعضی از انواع سوخت ها

ارزش حرارتی kJ/kg	چگالی g/cm <sup>3</sup>	ماده
۴۴۰۰۰	۰/۷۲-۰/۷۸	بنزین معمولی
۴۲۸۰۰	۰/۸۲-۰/۸۶	گازوئیل
۴۵۰۰۰	۰/۷۹	گاز طبیعی
۴۶۱۰۰	۰/۷۹	گاز مایع

انواع کمیت های ارزش حرارتی سوخت را بیابید.

پژوهش کنید



رابطه عددی تبدیل ارزش حرارتی سوخت از  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  به  $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$  و Btu را بیابید. (مراجعه به همراه هنرجو)

مثال



موتوری ۱۰ kg سوخت با ارزش حرارتی ۴۳۵۰۰ kJ/kg مصرف می کند حساب کنید:  
الف) کل حرارت حاصل از احتراق برحسب J.  
ب) اگر چگالی سوخت ۰/۷۵ kg/lit باشد حجم سوخت مصرفی را برحسب lit بیابید.  
پاسخ:

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$Q = m \times CV$$

$$CV = 43500 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 10 \times 43500 = 435000 \text{ kJ}$$

$$Q = ?$$

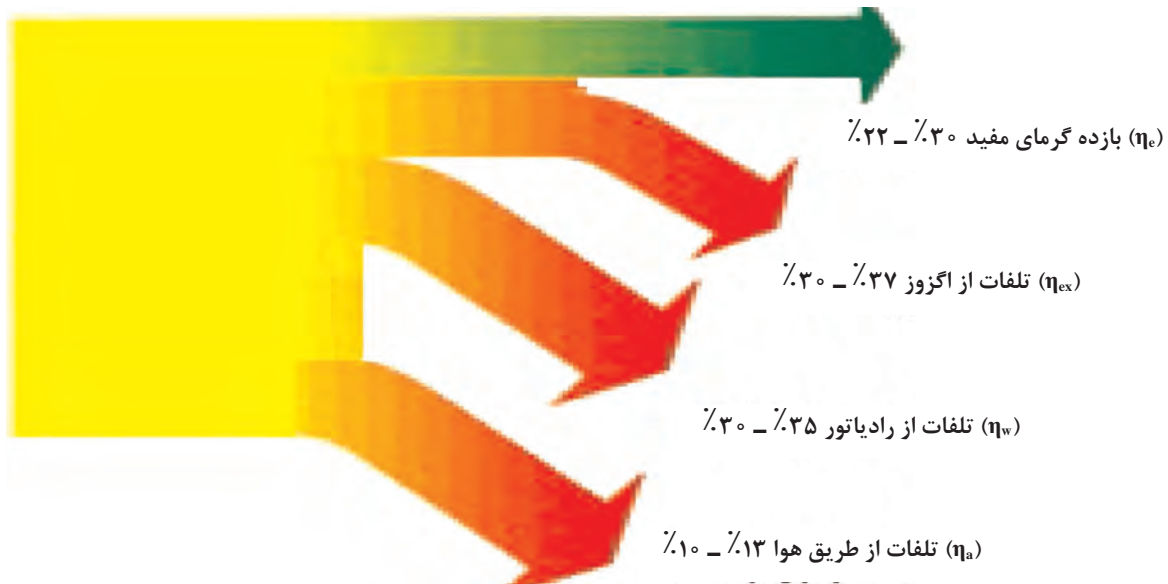
$$\rho = 0.75 \text{ kg/lit}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{10}{0.75} = 13.33 \text{ lit}$$

$$V = ?$$

### محاسبه مقدار گرمای مفید و تلف شده

مقدار انرژی حرارتی سوخت، که به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود انرژی حرارتی مفید و باقی‌مانده آن، انرژی تلف شده می‌باشد که در دیاگرام زیر مشخص شده است.



نمودار انرژی گرمایی مفید تلف شده احتراق در موتور بنزینی

نمودار بالا برای موتور دیزل نیز وجود دارد با این تفاوت که بازده گرمای مفید آن حدوداً ۱۰٪ افزایش پیدا می‌کند.

نکته



مجموعه کل انرژی تبدیل شده سوخت را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$\eta_e + \eta_w + \eta_{ex} + \eta_a = 100\%$$

برای محاسبه گرمای مفید و تلف شده برای هر یک از موارد بالا کافی است مقدار کل گرمای حاصل از احتراق را محاسبه کرد و ضریب یا درصد گرمای مورد نظر را در مقدار گرمای کل ضرب کرد.

$$Q_e = Q \times \eta_e = m \times CV \times \eta_e = V \times \rho \times CV \times \eta_e$$

$$Q_w = Q \times \eta_w = m \times CV \times \eta_w = V \times \rho \times CV \times \eta_w$$

$$Q_{ex} = Q \times \eta_{ex} = m \times CV \times \eta_{ex} = V \times \rho \times CV \times \eta_{ex}$$

$$Q_a = Q \times \eta_a = m \times CV \times \eta_a = V \times \rho \times CV \times \eta_a$$



در یک موتور بنزینی اگر کل حرارت حاصل از احتراق  $420000 \text{ KJ}$  باشد و بازده مفید  $28\%$  و درصد اتلاف حرارت از طریق انتشار در هوا  $10\%$  و از اگزوز  $33\%$  باشد، مقدار گرمای مفید و تلف شده از راه اگزوز، هوا و سیستم خنک کاری را حساب کنید.

$$Q = 420000 \text{ kJ}$$

$$\eta_e = 28\%$$

$$\eta_a = 10\%$$

$$\eta_{ex} = 33\%$$

$$Q_e = ?$$

$$Q_a = ?$$

$$Q_{ex} = ?$$

$$Q_w = ?$$

$$Q_e = Q \times \eta_e = 420000 \times 0.28$$

$$Q_e = 117600 \text{ kJ}$$

$$Q_a = Q \times \eta_a = 420000 \times 0.1$$

$$Q_a = 42000 \text{ kJ}$$

$$Q_{ex} = Q \times \eta_{ex} = 420000 \times 0.33$$

$$Q_{ex} = 138600 \text{ kJ}$$

$$Q_w = Q - (Q_e + Q_a + Q_{ex}) \quad \text{روش اول برای } Q_w$$

$$Q_w = 420000 - (117600 + 42000 + 138600)$$

$$Q_w = 420000 - 298200 = 121800 \text{ kJ}$$

$$100 = \eta_e + \eta_w + \eta_{ex} + \eta_a \quad \text{روش دوم برای } Q_w$$

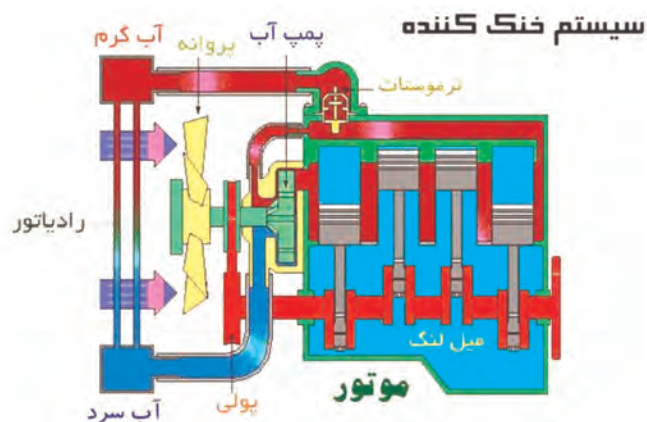
$$100 = 28 + \eta_w + 33 + 10 \Rightarrow \eta_w = 29$$

$$Q_w = Q \times \eta_w = 420000 \times 0.29 = 121800 \text{ kJ}$$

### تمرین

اگر موتوری با ارزش حرارتی سوخت مصرفی  $42000 \text{ KJ/kg}$  و کل حرارت تولید شده مفید آن  $75000 \text{ kJ}$  و سوخت مصرفی آن  $6 \text{ Kg}$  باشد، حرارت اتلاف شده را برحسب درصد به دست آورید؟  
 $\eta' = 70\%$  جواب

محاسبه حجم آب مورد نیاز سیستم خنک کاری



شکل ۱- ساختار سیستم خنک کننده موتور

برای خنک کردن موتور، از سیستم خنک کاری استفاده می‌شود. گرمای منتقل شده به آب باعث افزایش دمای آب شده و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_w = m_w \times C_p \times \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \theta_r - \theta_1$$

$Q_w$  = مقدار گرمای منتقل شده به آب برحسب KJ

$m_w$  = جرم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای  $Q_w$  به سیستم خنک کاری برحسب Kg

$C_p$  = گرمای ویژه آب در فشار ثابت  $Kj/Kg^{\circ}C$

$\Delta\theta$  = اختلاف دمای ورودی و خروجی آب رادیاتور  $^{\circ}C$

$\theta_r$  = درجه حرارت آب خروجی از موتور به رادیاتور  $^{\circ}C$

$\theta_1$  = درجه حرارت آب ورودی از رادیاتور به موتور  $^{\circ}C$

محاسبه جرم و حجم آب سیستم خنک کاری موتور

$$\dot{m}_w = \dot{V}_w \times \rho_w$$

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{Q}_w}{C_p \times \Delta\theta}$$

$$\dot{V}_w \times \rho_w = \frac{\dot{Q}_w}{C_p \times \Delta\theta} \Rightarrow \dot{V}_w = \frac{\dot{Q}_w}{\rho_w \times C_p \times \Delta\theta}$$

$$\dot{V}_w = n \times \bar{V}$$

$$\bar{V} = \frac{\dot{V}_w}{n} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\dot{Q}_w}{n \times \rho_w \times C_p \times \Delta\theta}$$

$\dot{Q}_w$  = گرمای منتقل شده به آب در واحد زمان (kj/min)

$\dot{m}_w$  = جرم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای در واحد زمان  $Q_w$  (kg/min)

$\dot{V}_w$  = حجم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای در واحد زمان  $Q_w$  (lit/min)

$\bar{V}$  = حجم آب موجود در سیستم خنک کننده lit

$n$  = تعداد دور آب در گردش R.p.m

$\rho_w$  = جرم حجمی آب برحسب Kg/lit

$$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/lit} = 1 \text{ gr/cm}^3$$

نکته

وجود نقطه (خوانده می‌شود دات dot) بالای کمیت‌ها نشان‌دهنده تأثیر زمان در آن کمیت است  
مثلاً  $m \leftarrow$  جرم  $\dot{m} \rightarrow$  جرم در واحد زمان





موتوری در هر دقیقه ۱۰۰ گرم سوخت با ارزش حرارتی  $42000 \text{ kJ/kg}$  مصرف می کند. اگر ۳۳٪ از کل گرمای حاصل از احتراق به آب منتقل شود مطلوب است:  
 الف) کل گرمای حاصل از احتراق بر حسب  $\text{Kj/min}$   
 ب) مقدار حجم آب در گردش موتور بر حسب  $\text{lit/min}$   
 ج) اگر حجم آب سیستم خنک کننده ۶  $\text{lit}$  و اختلاف دمای آب ورودی و خروجی رادیاتور  $30^\circ\text{C}$  باشد مقدار گردش کل حجم آب سیستم خنک کاری در دقیقه را حساب کنید.  
 پاسخ:

$$\dot{m} = 100 \frac{\text{g}}{\text{min}} \div 1000 = 0.1 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \quad \dot{Q} = \dot{m} \times CV$$

$$CV = 42000 \text{ kJ/kg} \quad \dot{Q} = 0.1 \times 42000 = 4200 \text{ kJ/min}$$

$$\eta_w = 33\% \quad \dot{Q}_w = \dot{Q} \times \eta_w = 4200 \times 0.33 = 1386 \text{ kJ/min}$$

$$\dot{Q} = ? \text{ kJ/min} \quad V_w = \frac{\dot{Q}_w}{\rho_w \times Cp \times \Delta\theta} = \frac{1386}{1 \times 4.2 \times 30} = 11 \text{ lit/min}$$

$$V_w = ? \text{ lit/min} \quad n = \frac{V_w}{V} = \frac{11}{6} = 1.833 \text{ R.P.M}$$

$$n = ? \text{ 1/min}$$

$$\rho_w = 1 \text{ kg/lit}$$

$$Cp = 4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta = 30^\circ\text{C}$$



۱) مصرف سوخت اتومبیلی ۷ لیتر بر ساعت، ارزش حرارتی سوخت ۴۱۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم با جرم حجمی ۰/۷۸ گرم بر سانتی متر مکعب، درصد حرارت های تلف شده به ترتیب از آگروز ۳۵٪ از آب ۳۲٪ و از راه انتشار به هوا ۷٪ باشد، حساب کنید.  
 الف) حرارت تلف شده از آگروز بر حسب کیلوژول  
 ب) کل حرارت تلف شده بر حسب کیلوژول

$$\Delta Q = 165656 \text{ kJ} \quad , \quad \text{جواب} \quad Q_w = 78351 \text{ kJ}$$

۲) موتوری با حجم آب موتور و رادیاتور ۸  $\text{Lit}$ ، حرارت منتقل شده به سیستم خنک کاری ۳۰٪، مصرف سوخت ۱۲  $\text{Lit/hr}$  با ارزش حرارتی  $36000 \text{ kJ/lit}$  و تقلیل درجه حرارت آب توسط رادیاتور ۱۵ درجه سانتی گراد می باشد. تعداد گردش آب موتور و رادیاتور توسط واتر پمپ را در یک دقیقه حساب کنید؟

$$\text{جواب} \quad n = 4.28 \text{ R.P.M} \quad \rho_w = 1 \frac{\text{kg}}{\text{Lit}} \quad , \quad Cp = 4.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$



۲ گنجایش آب موتور و رادیاتور اتومبیلی ۱۰ لیتر، راندمان حرارتی مفید ۲۵٪، تعداد دور گردش آب موتور و رادیاتور ۴ دور بر دقیقه و درصد حرارت منتقل شده به وسیله سیستم خنک کاری ۳۰٪ می باشد. اگر تغییر درجه حرارت آب ۲۰ درجه کلون باشد حساب کنید:  
الف) حجم آب جابه جا شده بر حسب لیتر بر ساعت  
ب) حرارت مفید حاصل از احتراق بر حسب کیلوژول بر ساعت

$$C_p = 4/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \quad \rho_w = 1 \frac{\text{kg}}{\text{Lit}}$$

$$\text{جواب } V_w = 2400 \frac{\text{Lit}}{\text{hr}}, \quad Q_e = 168000 \text{ kJ/hr}$$

۴ مشخصات حرارتی موتوری به شرح زیر است:  
کل حرارت تولیدی در یک ساعت ۵۰۰۰۰۰ KJ، درصد اتلاف گرمای سیستم خنک کاری ۳۰٪، تقلیل دمای آب رادیاتور ۱۵°C و تعداد گردش آب ۴۷۵ R.P.h. مطلوب است: الف) حجم آب موجود در سیستم خنک کاری بر حسب Lit؟

$$C_p = 4/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}, \quad \rho_w = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \quad \text{جواب } \bar{V} = 5 \text{ Lit}$$

ب) اگر تعداد گردش آب با توجه به عیب در سیستم خنک کاری به ۳۵۷ R.P.h برسد اختلاف دما بین ورودی و خروجی رادیاتور را محاسبه کنید.  
جواب: ۲۰°C

تعداد گردش آب به دلایل خرابی واتر پمپ و یا ترموستات و یا گرفتگی رادیاتور و یا وجود هوا در سیستم کاهش می یابد و چنانچه اختلاف دما بین ورودی و خروجی رادیاتور زیاد شود احتمال از خرابی سیستم فن خنک کننده و یا شیء خارجی در مسیر جریان هوا به رادیاتور می باشد.

نکته



محاسبه حجم سوخت مصرفی موتور از طریق انرژی حرارتی موتور: گرمای مفید حاصل از احتراق ( $Q_e$ ) نسبت به زمان را توان تئوری یا اندیکاتوری می گویند و با  $P_i$  نمایش می دهند.

$$P_i = \frac{Q_e}{t} \Rightarrow P_i = \frac{m \cdot cv \cdot \eta_e}{t} \Rightarrow m = \frac{P_i \cdot t}{cv \cdot \eta_e}$$

$$m = \frac{P_i \times 3600}{cv \cdot \eta_e}$$

محاسبه سوخت مصرفی در یک ساعت:

$P_i$ : توان اندیکاتوری (داخلی) موتور بر حسب kw

$\dot{m}$ : سوخت مصرفی موتور در واحد زمان بر حسب kg/s یا kg/hr

$t$ : زمان بر حسب s

بخشی از توان تئوری در اثر اصطکاک قطعات موتور به گرما تبدیل می‌شود و باقیمانده توان توسط میل‌لنگ خارج می‌شود که به آن توان مفید می‌گویند و با  $P_e$  نمایش می‌دهند. نسبت توان مفید به توان تئوری (اندیکاتور) را بازده مکانیکی می‌گویند و با  $\eta_m$  نمایش می‌دهند.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \times 100$$

$P_e$ : توان مفید موتور بر حسب kw

$\eta_m$ : راندمان مکانیکی موتور بر حسب درصد

$$1 \text{ kw} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

اگر توان مفید موتوری ۴۴kw و بازده حرارتی آن ۳۲٪، بازده مکانیکی ۹۰٪ باشد و سوخت مصرفی این موتور بنزین با جرم حجمی  $0.78 \text{ gr/cm}^3$  و ارزش حرارتی سوخت  $43500 \text{ kJ/kg}$  در نظر گرفته شود، حجم سوخت مصرفی این موتور در هر ساعت چند لیتر است؟

مثال



$$P_e = 44 \text{ kw}$$

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{44}{0.9} = 48.9 \text{ kw}$$

$$\eta_e = 32\%$$

$$P_i = \dot{m} \times c_v \times \eta_e$$

$$\eta_m = 90\%$$

$$48.9 / 9 = \dot{m} \times 43500 \times 0.32 \Rightarrow \dot{m} = 0.0035 \text{ kg/s}$$

$$C_v = 43500 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 0.0035 \times 3600 = 12.6 \text{ kg/hr}$$

$$\rho = 0.78 \text{ gr/cm}^3$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{12.6}{0.78} = 16.15 \text{ lit/hr}$$

$$V = ? \text{ lit}$$

حرارت مفید موتور چهار زمانه چهارسیلندری قبل از تعمیر و سرویس  $75000 \text{ kJ}$  می‌باشد. اگر بازده حرارتی موتور ۲۵٪، بازده مکانیکی موتور ۸۵٪، ارزش حرارتی سوخت آن  $43500 \text{ kJ/kg}$  و جرم حجمی سوخت آن  $0.72 \text{ gr/cm}^3$  باشد، الف) سوخت مصرفی موتور را بر حسب lit حساب کنید.

تمرین



$$V = 9.58 \text{ lit}$$

جواب:

ب) چنانچه این مقدار انرژی را در مدت بیست دقیقه تولید کند توان مفید موتور را حساب کنید.

$$P_e = 53.125 \text{ kv}$$

جواب:

ج) چنانچه بعد از تعمیر و سرویس موتور مصرف سوخت موتور  $8/6$  لیتر در زمان بیست دقیقه مصرف کند و توان مفید موتور همان توان قبلی باشد راندمان مکانیکی موتور را حساب کنید.

$$\eta_m = 94\%$$

جواب:

**محاسبه سوخت ویژه یک موتور:** سوخت ویژه موتور عبارت است از مقدار سوختی که برای تولید یک واحد از توان (یک کیلو وات) در مدت زمان یک ساعت مصرف می شود، که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$b_e = \frac{\dot{m}}{P_e}$$

$b_e$ : میزان مصرف سوخت ویژه بر حسب  $\text{kg/kw.hr}$

$\dot{m}$ : جرم سوخت مصرفی بر حسب  $\text{kg/hr}$

$P_e$ : توان مفید موتور بر حسب  $\text{kw}$

مثال



موتوری با توان مفید  $60 \text{ kw}$  در هر ساعت  $12$  لیتر سوخت با جرم حجمی  $0.75 \text{ kg/lit}$  مصرف می کند. مصرف ویژه سوخت این موتور چند  $\text{kg/kw.hr}$  می باشد.

$$P_e = 60 \text{ kw} \quad \dot{m} = \dot{V} \times \rho$$

$$\dot{V} = 12 \text{ Lit/hr} \quad \dot{m} = 12 \times 0.75 = 9 \text{ kg/hr}$$

$$\rho = 0.75 \text{ kg/lit} \quad b_e = \frac{\dot{m}}{P_e} = \frac{9}{60} = 0.15 \text{ kg/kw.hr}$$

تمرین



۱ در اکثر گشتاور موتوری در دور ثابت  $2750$  دور در دقیقه  $108 \text{ N.m}$  است. اگر بازده حرارتی مفید موتور  $30\%$ ، ارزش حرارتی سوخت  $46200 \text{ kJ/kg}$ ، جرم حجمی  $0.75 \text{ gr/cm}^3$  و راندمان مکانیکی موتور  $90\%$  باشد حساب کنید.

الف) حرارت مفید موتور بر حسب  $\text{kJ/s}$  یا  $P_{is} = 34/55 \text{ kw}$  جواب

ب) مصرف سوخت موتور را در یک ساعت بر حسب لیتر به دست آورید.

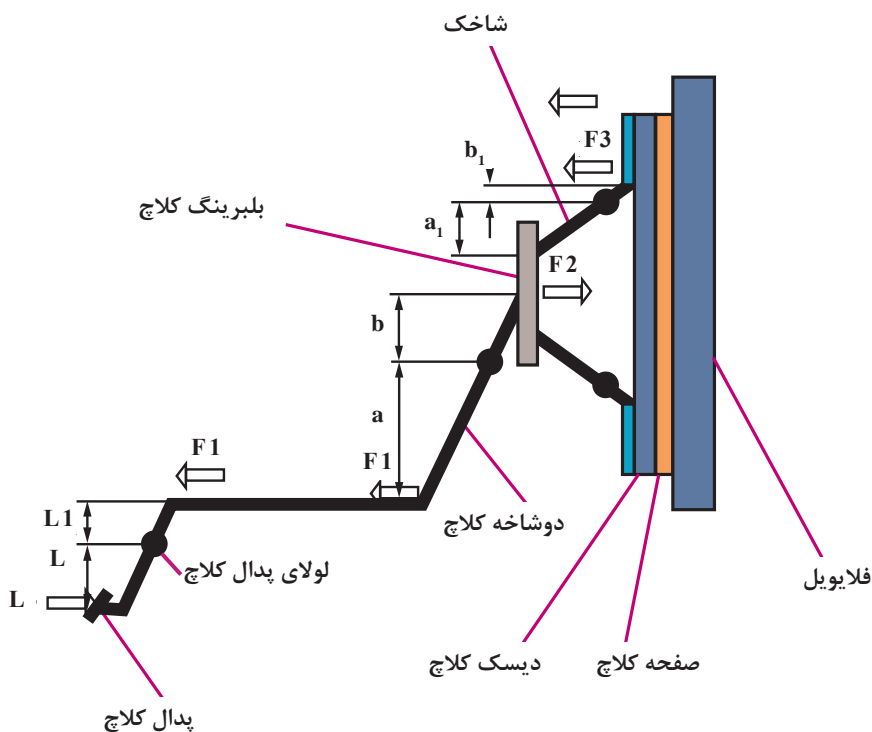
ج) مصرف سوخت ویژه موتور بر حسب  $\text{kg/kw.hr}$

۲ با مراجعه به کاتالوگ یکی از خودروهای داخلی، حداکثر گشتاور و دور آن را در مسئله جایگزین کرده و مصرف سوخت را در یک ساعت و مصرف سوخت ویژه را به دست آورید.

## محاسبه نیروی وارد به دیسک برای آزادسازی صفحه کلاچ

### محاسبه نیروی اهرم‌بندی مکانیکی کلاچ

در این سیستم نیروی پای راننده از پدال توسط سیم کلاچ به دو شاخه و با اهرم‌بندی به دیسک می‌رسد که با روش زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۲- مکانیزم اهرم‌بندی کلاچ

نیروی  $F$  توسط پای راننده به پدال کلاچ وارد می‌شود. نیروی  $F_1$  به دو شاخه کلاچ وارد می‌شود که با توجه به قانون اهرم‌ها (بازوی مقاوم  $\times$  نیروی مقاوم = بازوی محرک  $\times$  نیروی محرک) یا گشتاورگیری حول لولای پدال به دست می‌آید.

$$F \times L = F_1 \times L_1 \Rightarrow F_1 = \frac{L}{L_1} F$$

نیروی  $F_1$  به دو شاخه کلاچ وارد می‌شود و نیروی  $F_2$  توسط بلبرینگ کلاچ به شاخک‌های دیسک وارد

می‌شود. از رابطه اهرم‌ها می‌توان نوشت:

$$F_1 a = F_2 b \Rightarrow F_2 = \frac{a}{b} F_1 = \frac{a}{b} \cdot \frac{L}{L_1} F \Rightarrow F_2 = \frac{a}{b} \times \frac{L}{L_1} \times F$$

نیروی  $F_p$  به شاخک‌ها اعمال شده و نیروی  $F_r$  برای جدا کردن دیسک و آزاد شدن صفحه کلاچ اعمال می‌شود. پس:

$$F_p a_1 = F_r b_1 \Rightarrow F_r = \frac{a_1}{b_1} F_p \Rightarrow F_r = \frac{F \times L \times a \times a_1}{L_1 \times b \times b_1} \Rightarrow F_r = F \times \frac{L}{L_1} \times \frac{a}{b} \times \frac{a_1}{b_1}$$

$a_1$  = بازوی محرک فنر دیافراگمی یا شاخک دیسک

$b_1$  = بازوی مقاوم فنر دیافراگمی یا شاخک دیسک

$a$  = بازوی محرک دوشاخه کلاچ

$b$  = بازوی مقاوم دوشاخه کلاچ

$L_1$  = بازوی مقاوم پدال

$L$  = بازوی محرک پدال

در شکل قبل اگر نیروی پای راننده  $F = 50 \text{ N}$  و  $L = 20 \text{ cm}$  و  $L_1 = 5 \text{ cm}$  و  $a = 10 \text{ cm}$  و  $a_1 = 10 \text{ cm}$  و  $b = 5 \text{ cm}$  و  $b_1 = 2 \text{ cm}$  باشند. نیروی آزاد کردن دیسک از صفحه کلاچ را حساب کنید.

$$F_r = ? \text{ N} \quad F_r = \frac{F \times L \times a \times a_1}{L_1 \times b \times b_1} = \frac{50 \times 20 \times 10 \times 10}{5 \times 5 \times 2} = 2000 \text{ N}$$

مثال



در یک سیستم کلاچ از نوع مکانیکی اگر نیروی اعمال شده به پدال کلاچ  $45 \text{ N}$ ، طول پدال تا تکیه‌گاه آن  $L = 25 \text{ cm}$ ، طول تکیه‌گاه پدال تا محل اتصال سیم کلاچ  $L_1 = 8 \text{ cm}$ ، فاصله دو شاخه کلاچ تا تکیه‌گاه  $a = 15 \text{ cm}$  و فاصله تکیه‌گاه دو شاخه کلاچ تا بلبرینگ کلاچ  $b = 12 \text{ cm}$  باشد، نیروی وارد به بلبرینگ کلاچ را حساب کنید.

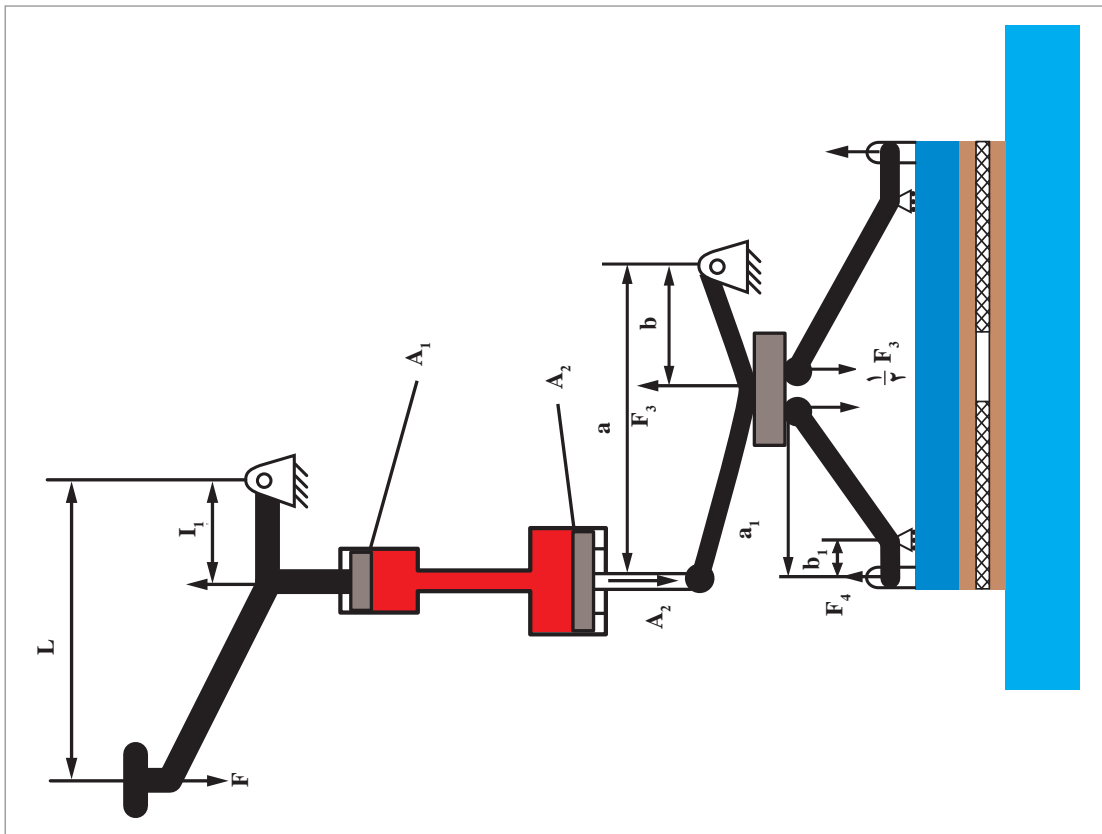
$$F_r = 175/8 \text{ N}$$

جواب:

تمرین



محاسبه راه‌انداز هیدرولیکی کلاچ: در سیستم راه‌انداز هیدرولیکی، افزایش نیرو در چهار مرحله پدال، سیستم هیدرولیکی، دوشاخه و اهرم‌بندی دیسک انجام می‌شود.



شکل ۳- مکانیزم کلاچ از نوع هیدرولیکی

$$F_2 = \frac{F_1 d_2^2}{d_1^2}$$

$d_1$  = قطر پیستون پمپ بالا (زیر پا) بر حسب سانتی متر

$d_2$  = قطر پیستون پمپ پایین بر حسب سانتی متر

$$F_4 = F \times \frac{L}{L_1} \times \frac{d_2^2}{d_1^2} \times \frac{a}{b} \times \frac{a_1}{b_1}$$

نیروی آزادسازی دیسک و صفحه کلاچ

کار کلاسی



فرمول  $F_2 = \frac{F_1 d_2^2}{d_1^2}$  چگونه به دست آمده است؟

نکته



قطر پیستون پمپ بالا کوچک تر از قطر پیستون پمپ پایین می باشد.

مثال



اگر در کلاچی مانند شکل صفحه قبل  $d_1=22\text{mm}$ ،  $d_2=35\text{mm}$ ،  $a=12\text{cm}$ ،  $b=5\text{cm}$ ،  $a_1=12\text{cm}$ ،  $b_1=4\text{cm}$  و  $L_1=5\text{cm}$ ،  $L=20\text{cm}$  و نیروی وارد به پدال کلاچ  $45\text{N}$  باشد، حساب کنید:

- ۱- نیروی وارد به پیستون پمپ بالای کلاچ چند نیوتن (N) است؟
- ۲- فشار روغن در مدار چند نیوتن بر سانتی مترمربع است؟
- ۳- نیروی مؤثر بر آسیابک چند نیوتن است؟
- ۴- نیروی وارد به دیسک کلاچ برای آزادسازی صفحه کلاچ چند نیوتن است؟

$$P = ? \text{ N/cm}^2$$

$$F_1 = \frac{F \times L}{L_1} = \frac{45 \times 20}{5} = 180 \text{ N}$$

$$F_1, F_2, F_3, F_4 = ? \text{ N}$$

$$A_1 = \frac{d_1^2 \pi}{4} = \frac{2/2^2}{4} \times 3/14 = 3/8 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{F_1}{A_1} \Rightarrow P = \frac{180}{3/8} = 47/36 \text{ N/cm}^2$$

$$A_2 = \frac{3/5^2}{4} \times 3/14 = 9/6 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = P \times A_2 \Rightarrow$$

$$F_2 = 47/36 \times 9/6 = 457/5 \text{ N}$$

$$F_2 \times b = F_3 \times a \Rightarrow F_3 = \frac{F_2 \cdot a}{b}$$

$$F_3 = \frac{457/5 \times 12}{5} = 1098 \text{ N}$$

$$F_4 = \frac{F_3 \times a_1}{b_1} = \frac{1098 \times 12}{4} = 3294 \text{ N}$$

در یک سیستم راه‌انداز کلاچ هیدرولیکی، اگر نیروی وارد به پدال کلاچ  $50\text{N}$  و فاصله پدال تا تکیه‌گاه  $(L=15\text{cm})$ ، فاصله تکیه‌گاه پدال تا پیستون پمپ بالا  $(L_1=5\text{cm})$ ، قطر پیستون پمپ بالا  $d_1=2\text{cm}$ ، قطر پیستون پمپ پایین  $(d_2=4\text{cm})$ ، فاصله نقطه اثر نیرو با تکیه‌گاه دو شاخه کلاچ  $(a=10\text{cm})$ ، فاصله مرکز لولای دو شاخه تا بلبرینگ کلاچ  $(b=5/5\text{cm})$  و ابعاد اهرم شاخک دیسک کلاچ  $a_1=8\text{cm}$  و  $b_1=2\text{cm}$  باشد، حساب کنید:

۱) نیروی وارد به بلبرینگ دو شاخه کلاچ برای آزادسازی صفحه کلاچ بر حسب (N)

۲) نیروی فشاری وارد بر صفحه کلاچ بر حسب (N)

$$F_2 = 1090/9 \text{ N}$$

$$F_4 = 4363/6 \text{ N}$$

جواب:

تمرین





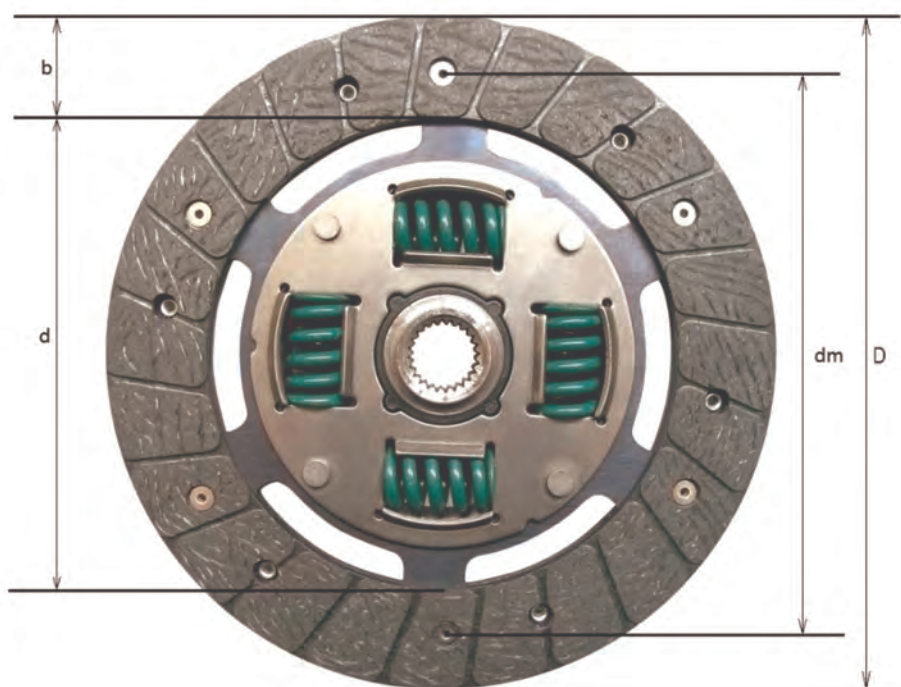
در دیسک‌های قدیمی شاخکی، نیروی فشاری دیسک به چه صورت محاسبه می‌شود؟

محاسبه فشار دیسک روی صفحه کلاچ ( $P_c$ ): سطح لنت کلاچ به شکل تاج دایره می‌باشد و سطح آن از روش زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = d_m \times \pi \times b$$



با کمک هنرآموز فرمول به دست آمده بالا را از فرمول اولیه به دست آورید.



شکل ۴- ابعاد صفحه کلاچ

$d$  = قطر کوچک لنت بر حسب (cm)  
 $d_m$  = قطر متوسط لنت بر حسب (cm)

$A$  = سطح لنت بر حسب ( $cm^2$ )  
 $D$  = قطر بزرگ لنت بر حسب (cm)  
 $b$  = پهنای لنت بر حسب (cm)



$$d_m = \frac{D+d}{2} \quad b = \frac{D-d}{2} = d_m - d = D - d_m$$

$$P_c = \frac{f_c}{A} \rightarrow f_c = P_c \times A$$

$$f_c = P_c \times \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = p_c \times d_m \times \pi \times b$$

$f_c$  = نیروی وارد بر صفحه کلاچ (N)  
 $P_c$  = فشار وارد بر صفحه کلاچ ( $N/cm^2$ )

مثال



در یک سیستم کلاچ، قطر بزرگ صفحه کلاچ ۲۱cm، قطر کوچک صفحه کلاچ ۱۶cm و نیروی فشاری دیسک ۱۶۰۰N است. فشار مؤثر بر سطح لنت کلاچ را برحسب  $N/cm^2$  حساب کنید.

$$f_c = 1600 \text{ N}$$

$$D = 21 \text{ cm}$$

$$d = 16 \text{ cm}$$

$$P_c = ?$$

$$A = \pi \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right) = 3/14 \left( \frac{21^2 - 16^2}{4} \right) = 145/2 \text{ cm}^2$$

$$P_c = \frac{f_c}{A} = \frac{1600}{145/2} = 11 \text{ N/cm}^2$$

تمرین



قطر متوسط لنت در یک سیستم کلاچ ۱۸۰mm و قطر بزرگ آن ۲۰۰mm و فشار مؤثر بر سطح لنت ۴ bar می‌باشد. مقدار نیروی فشاری دیسک را حساب کنید.

$$f_c = 4521/6 \text{ N}$$

نیروی اصطکاکی کلاچ: برای محاسبه نیروی اصطکاکی بین صفحه کلاچ و دیسک و فلاپویل می‌توان نوشت:

$$F_f = f_c \times 2k \times \mu$$

$F_f$  = نیروی اصطکاکی کلاچ برحسب (N)

$f_c$  = نیروی فشاری وارد به صفحه کلاچ برحسب (N)

۲ = تعداد سطوح صفحه کلاچ

$k$  = تعداد صفحه کلاچ

$\mu$  = ضریب اصطکاک بین صفحه کلاچ با فلاپویل و دیسک

گشتاور اصطکاکی کلاچ: برای محاسبه گشتاور اصطکاکی کلاچ از رابطه زیر استفاده می شود.

$$M_f = F_f \times R_m$$

$$M_f = \text{گشتاور اصطکاکی کلاچ بر حسب (N.m)}$$

$$F_f = \text{نیروی اصطکاکی کلاچ بر حسب (N)}$$

$$R_m = \text{شعاع متوسط لنت کلاچ بر حسب (m)}$$

مثال



در یک کلاچ تک صفحه‌ای با قطر متوسط ۲۱۰ میلی‌متر، پهنای لنت ۴۰ میلی‌متر و نیروی اصطکاکی ۳۳۶۰ نیوتن، اگر ضریب اصطکاک بین لنت و دیسک ۰/۶ باشد. حساب کنید:

الف) فشار دیسک بر صفحه کلاچ بر حسب  $\frac{N}{cm^2}$ .

ب) گشتاور اصطکاکی کلاچ بر حسب N.m.

$$K = 1$$

$$d_m = 210 \text{ mm} \div 10 = 21 \text{ cm} \quad F_f = f_c \times 2k \times \mu$$

$$b = 40 \text{ mm} \div 10 = 4 \text{ cm} \quad f_c = \frac{F_f}{2k \times \mu} = \frac{3360}{2 \times 1 \times 0.6} = 2800 \text{ N}$$

$$F_f = 3360 \text{ N} \quad A = d_m \times \pi \times b$$

$$\mu = 0.6$$

$$P_c = ?$$

$$A = 21 \times 3.14 \times 4 = 263.76 \text{ cm}^2$$

$$M_f = ? \text{ N.m}$$

$$P_c = \frac{f_c}{A} = \frac{2800}{263.76} = 10.6 \frac{N}{cm^2}$$

$$R_m = \frac{d_m}{2} = \frac{21}{2} = 10.5 \div 100 = 0.105 \text{ m}$$

$$M_f = F_f \times R_m = 3360 \times 0.105 = 352.8 \text{ N.m}$$

فکر کنید



ظرفیت گشتاور انتقالی کلاچ با توجه به گشتاور موتور به چه صورت محاسبه می شود؟

تمرین



۱) یک موتور با گشتاور ۱۵۰ N.m مجهز به کلاچ تک صفحه‌ای با قطر بزرگ لنت ۲۰ cm و پهنای لنت ۴ cm و ضریب اصطکاک لنت ۰/۵ می باشد.

الف) حداقل فشار وارد بر لنت را بر حسب  $N/cm^2$  به دست آورید.

ب) اگر حداکثر گشتاور اصطکاکی قابل انتقال کلاچ ۲۴۰ N.m باشد، ظرفیت گشتاور انتقالی کلاچ نسبت به موتور را حساب کنید.

۲) در یک سیستم کلاچ ۲ صفحه‌ای ضریب اصطکاک بین لنت و دیسک ۰/۶، نیروی اصطکاکی کلاچ ۷۲۰۰ N، قطر کوچک لنت ۱۵۰ mm و قطر متوسط آن ۲۲۰ mm می باشد.

الف) فشار وارد بر لنت را برحسب بار به دست آورید.

ب) بیشترین گشتاور قابل انتقال کلاچ را برحسب  $N.m$  به دست آورید.

۲) موتوری با گشتاور حداکثر  $108 N.m$  وجود دارد چنانچه نسبت گشتاور اصطکاکی کلاچ به موتور  $1/6$  برابر باشد و ضریب اصطکاک لنت کلاچ  $0.6$ ، قطر بزرگ صفحه کلاچ  $180 mm$  و قطر کوچک  $127/5 mm$  و نیروی وارد بر دیسک  $3900 N$  و نسبت افزایش نیرو پدال  $(\frac{L}{L_1}) = 5/18$  باشد.

الف) فشار وارد بر صفحه کلاچ را برحسب  $N/cm^2$  حساب کنید.  $P_e = 7/4 N/cm^2$  : جواب

ب) چنانچه خودرو موردنظر پراید باشد نسبت دیسک و دو شاخه کلاچ را پژوهش کنید و نیروی وارد بر دیسک را توسط چه نیرویی از پای راننده نیاز دارد.

**محاسبه سرعت خودرو:** سرعت اتومبیل را صرف نظر از لغزش تایر می توان با سرعت محیطی یا سرعت خطی تایر برابر دانست و از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$V \frac{m}{s} = D_s \times \pi \times n_{pl}$$

اگر  $n_{pl}$  برحسب دور بر ثانیه (R.P.S) باشد

چنانچه دور چرخ (دور پلوس) را برحسب دور بر دقیقه (R.P.M) قرار دهیم

$$V \frac{m}{s} = \frac{D_s \times \pi \times n_{PL}}{60}$$

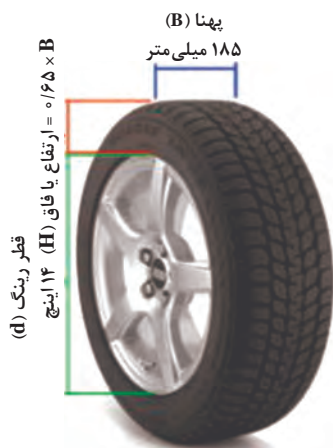
$V =$  سرعت خودرو برحسب  $m/s$

$D_s =$  قطر استاتیکی تایر برحسب  $m$  (تایر آزاد باشد) (وزن خودرو روی تایر نباشد)

$D_D =$  قطر دینامیکی تایر برحسب  $m$

$n_{PL} =$  دور چرخ برحسب R.P.M

$$V \left( \frac{km}{hr} \right) = \frac{D_D \times \pi \times n_{PL} \times 3/6}{60}$$



185/65-R14

شکل ۵- ابعاد تایر

$D_s$  قطر تایر در حالت بدون بار (تایر آزاد باشد) می باشد در حالی که هنگامی که تایر زیر بار عمودی و در حرکت باشد شعاع تایر اندکی کاهش می یابد که به این شعاع، شعاع دینامیکی گفته می شود. قطر دینامیکی دو برابر شعاع دینامیکی می باشد لذا بهتر است برای محاسبه سرعت واقعی از قطر دینامیکی استفاده کرد، و اگر قطر دینامیکی معلوم نبود می توان از قطر استاتیکی استفاده کرد.

با کمک هنرآموز ضریب تبدیل  $(3/6)$  تبدیل  $m/s$  به  $km/h$  را به دست آورید.

نکته



کار کلاسی



برای محاسبه قطر استاتیکی تایر از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$D_s = d + 2H$$

$D_s$  = قطر اسمی (استاتیکی) تایر بر حسب m

$d$  = قطر رینگ بر حسب m

$H$  = ارتفاع یا فاق تایر بر حسب m

روی تایر مشخصات آن توسط کارخانه سازنده حک می‌شود که در این مشخصات معمولاً در خودروهای

سواری با تایر رادیال، قطر رینگ بر حسب اینچ و نسبت ارتفاع به پهنا ( $\frac{H}{B}$ ) به درصد و پهنای تایر بر حسب میلی‌متر داده می‌شود.

ارتفاع (فاق) تایر H چگونه از نسبت ارتفاع به پهنا محاسبه می‌شود؟

کار کلاسی



نکته



روی تایرهای قدیمی و کامیون‌ها مشخصات تایر به این شکل حک می‌شود: مثلاً (۱۳-۵/۶۰) که ارتفاع تایر و قطر رینگ هر دو بر حسب اینچ می‌باشند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D = d + 2H = 13 + 2 \times 5/6 = 24/2 \text{ in}$$

$$D = 24/2 \times 25/4 = 614/68 \text{ mm}$$

امروزه مشخصات تایر مانند شکل صفحه قبل (مثلاً R۱۴-۱۸۵/۶۵) داده می‌شود که به شکل زیر محاسبه

می‌شود. که از نسبت  $\frac{H}{B}$  ارتفاع (فاق) تایر (B) بر حسب میلی‌متر به دست می‌آید.

$$D = d + 2H \Rightarrow \frac{H}{B} = 0/65 \Rightarrow H = 0/65 \times 185 = 120/25 \text{ mm}$$

$$D = (14 \times 25/4) + (2 \times 120/25) = 596/1 \text{ mm}$$

همیشه قطر رینگ بر حسب اینچ داده می‌شود.

نکته



مثال



خودرویی با دور موتور (۴۰۰۰ R.p.m) و نسبت تبدیل کلی سیستم انتقال قدرت (۳/۸:۱) با سرعت ثابت در حال حرکت است چنانچه اندازه تایر (۱۳-۵/۶۰) و قطر دینامیکی تایر ۹۲٪ قطر اسمی باشد، سرعت اتومبیل را بر حسب km/h حساب کنید.

$$n_m = 4000 \text{ R.P.m}$$

$$i = 3/8:1 \quad n_{PL} = \frac{n_m}{i} = \frac{4000}{3/8} = 1052/6 \text{ R.P.m}$$

مشخصات تایر ۵۶۰-۱۳  $D_s = d + 2H = 13 + 2 \times 5/6 = 24/2 \text{ in}$

$$D_D = 0/92 D_s \quad D_s = 24/2 \times 25/4 = 614/68 \text{ mm}$$

$$V = ? \text{ km/hr}$$

$$D_D = 0/92 D_s = 0/92 \times 614/68 = 565/5 \text{ mm}$$

$$D_D = 565/5 \div 1000 = 0/5655 \text{ m}$$

$$V \text{ km/hr} = \frac{D_D \times \pi \times n_{PL} \times 3/6}{60}$$

$$V = \frac{0/5655 \times 3/14 \times 1052/6 \times 3/6}{60} = 112 \text{ km/hr}$$

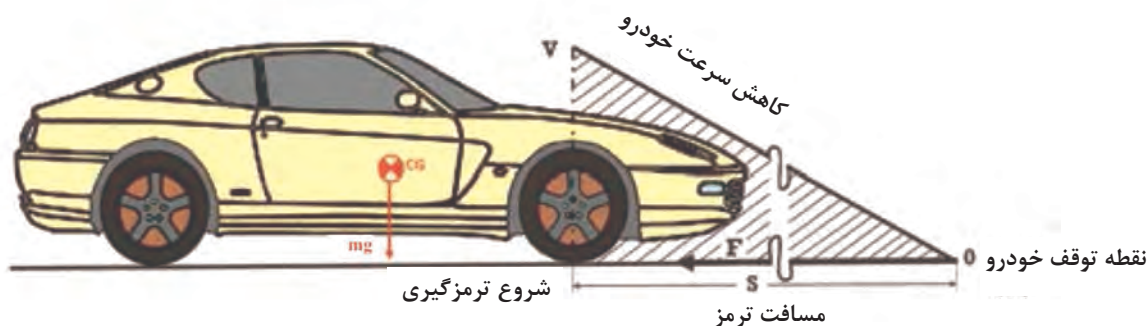
تمرین



۱ یک خودرو با دور موتور ۳۵۰۰ R.P.m در حال حرکت است. اگر نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳/۵:۱ باشد و اندازه تایر آن (۱۶۵/۶۵ R۱۳) و قطر دینامیکی تایر ۹۰٪ قطر اسمی آن باشد، سرعت اتومبیل را بر حسب km/h حساب کنید.

۲ خودرویی با سرعت ۱۲۰ km/hr و دور موتور ۳۳۰۰ R.P.M در حال حرکت است چنانچه نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳:۱ و ابعاد چرخ R۱۴ ۱۷۵/۷۰ باشد، نسبت قطر دینامیکی به استاتیکی تایر را به دست آورید.  
جواب: ۰/۹۶

### محاسبه مسافت ترمز



شکل ۶- مسافت ترمزگیری

به مسافتی که خودرو از لحظه مشاهده مانع یا خطر توسط راننده تا توقف کامل طی می‌کند، مسافت ترمز گفته می‌شود. این مسافت در طی پنج مرحله طی می‌شود.

زمان عکس‌العمل راننده از لحظه دیدن مانع تا اعمال نیرو به پدال ترمز	$t_R$
زمان از لحظه فشردن پدال ترمز تا شروع فرایند ترمزگیری	$t_{An}$
زمان از شروع فرایند ترمزگیری تا رسیدن نیروی ترمز به چرخ‌ها	$t_{sw}$
زمان از رسیدن نیروی ترمز به چرخ‌ها تا ترمزگیری کامل	$t_t$
زمان از ترمزگیری کامل تا توقف خودرو	$t_s$

با توجه به اینکه نوع حرکت در طی زمان‌های ذکر شده حرکت شتاب‌دار با شتاب منفی می‌باشد بنابراین از فرمول‌های حرکت شتاب‌دار زیر قابل محاسبه است. برای سادگی محاسبات از جدول بالا دو زمان عکس‌العمل راننده و کل زمان فرایند ترمزگیری تا توقف کامل استفاده می‌شود.

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

$v$  = سرعت ثانویه یا سرعت نهایی خودرو (که در توقف کامل صفر در نظر گرفته می‌شود) بر حسب m/s

$v_0$  = سرعت اولیه خودرو در لحظه ترمزگیری بر حسب m/s

$a$  = شتاب ترمزگیری که منفی می‌باشد بر حسب  $\frac{m}{s^2}$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \times a \times s$$

فرمول مستقل از زمان

$S$  = مسافت ترمزگیری بر حسب m

$$s = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t$$

فرمول محاسبه مسافت بر حسب زمان ترمزگیری

حرکت خودرو در زمان عکس‌العمل راننده را حرکت یکنواخت در نظر می‌گیریم. مسافت پیموده شده در این حالت با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_R = v_0 \times t_R$$

$$S_T = S + S_R$$

$t_R$  = زمان عکس‌العمل راننده بر حسب s

$S_R$  = مسافت پیموده شده در زمان عکس‌العمل راننده بر حسب m

$S_T$  = مسافت کل پیموده شده (عکس‌العمل راننده و مسافت کل ترمزگیری) بر حسب m

مثال



خودرویی با سرعت  $120 \text{ km/h}$  در حرکت است و ناگهان با شتاب  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  ترمز می کند. اگر کل فاصله طی شده تا توقف خودرو  $130 \text{ m}$  باشد. الف) مسافت طی شده در زمان عکس العمل راننده چند متر است ب) کل زمان طی شده تا توقف کامل چند ثانیه است؟

$$V = 0$$

$$V = 120 \text{ km/h}$$

$$V = 120 \div 3/6 = 33/33 \text{ m/s}$$

$$a = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$S_T = 130 \text{ m}$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (33/33)^2}{2 \times (-5)} = 111 \text{ m}$$

$$S_R = ?$$

$$S_R = S_T - S = 130 - 111 = 19 \text{ m}$$

روش دوم

$$t = \frac{v - v_0}{a} = t = \frac{0 - 33/33}{-5} = 6/66 \text{ s}$$

$$s = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t$$

$$s = \frac{1}{2} \times (-5) \times 6/66^2 + (33/33 \times 6/66) = 111 \text{ m}$$

$$S_R = S_T - S = 130 - 111 = 19 \text{ m}$$

$$S_R = v_0 \times t_R \Rightarrow t_R = \frac{19}{33/33} = 0/57 \text{ s} \quad (\text{ب})$$

$$t_T = t + t_R \Rightarrow t_T = 6/66 + 0/57 = 7/23 \text{ s}$$

تمرین



۱) خودرویی با سرعت  $108 \text{ km/hr}$  حرکت می کند. اگر راننده ترمز کند و زمان عکس العمل راننده  $0/4$  ثانیه باشد و طی زمان  $3$  ثانیه سرعت خودرو به  $36 \text{ km/hr}$  برسد حساب کنید:

الف) شتاب ترمز بر حسب  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ب) کل مسافت طی شده از لحظه دیدن مانع تا انتهای مرحله ترمزگیری بر حسب  $\text{m}$

۲) خودرویی با سرعت  $72 \text{ km/h}$  در حال حرکت است. در این حالت مانعی سر راه ظاهر می شود و راننده ترمز می کند. اگر زمان عکس العمل ترمز  $0/2$  ثانیه باشد و خودرو از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل  $50$  متر پیموده باشد حساب کنید.

الف) مسافت پیموده شده در زمان عکس العمل و ترمزگیری بر حسب  $\text{m}$

ب) شتاب ترمز بر حسب  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

ج) کل زمان ترمز از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل بر حسب  $\text{s}$

محاسبه کار ترمز: نیروی اصطکاکی ایجاد شده توسط ترمز چرخ‌ها ضرب در مسافت پیموده شده خودرو در فرایند ترمزگیری را کار ترمز گویند.

$$W_{Br} = F \times s$$

$$W_{Br} = \text{کار نیروی ترمز بر حسب N.m یا ژول (J)}$$

$$F = \text{کل نیروی ترمزگیری خودرو بر حسب N}$$

$$S = \text{مسافت ترمزگیری بر حسب m}$$

کار ترمز را بر حسب نیروی اصطکاکی ترمز چرخ‌های جلو و عقب و قطر کاسه چرخ یا دیسک چرخ و دور آنها به دست آورید؟

کار کلاسی



محاسبه کار ترمز بر حسب انرژی جنبشی خودرو: بر حسب تغییرات انرژی جنبشی خودرو می‌توان کار ترمز را به شکل زیر محاسبه کرد:

$$W_{Br} = \frac{1}{2} m (V^2 - V_0^2)$$

$$V_0 = \text{سرعت خودرو در لحظه شروع ترمز بر حسب m/s}$$

$$V = \text{سرعت خودرو در پایان ترمز بر حسب m/s}$$

$$m = \text{جرم اتومبیل kg}$$

$$\frac{1}{2} m (V^2 - V_0^2) = F \times S$$

بنابراین می‌توان نوشت:

از فرمول بالا، فرمول محاسبه مسافت ترمز مستقل از زمان را پیدا کنید.

پرسش کلاسی



محاسبه توان ترمز: توان ترمز برابر است با کار ترمز تقسیم بر مدت زمان انجام ترمزگیری روش اول:

$$P_{Br} = \frac{W_{Br}}{t}$$

$$P_{Br} = \text{توان یا قدرت ترمز بر حسب وات (W)}$$

$$t = \text{مدت زمان ترمزگیری بر حسب ثانیه (S)}$$

$$W = \frac{N.m}{s}$$

روش دوم محاسبه توان ترمز:

$$\bar{V} = \text{سرعت متوسط خودرو بر حسب m/s برای حرکت شتاب‌دار}$$

$$P_{Br} = F \times \bar{V} \quad \text{و} \quad F = ma \quad \text{و} \quad \bar{V} = \frac{V + V_0}{2}$$

$$F = \text{نیروی شتاب ترمز بر حسب N}$$



مثال



سرعت خودرویی ۷۲ km/hr است. این خودرو ناگهان ترمز می‌کند و با شتاب  $6 \text{ m/s}^2$  سرعتش به صفر می‌رسد. اگر جرم خودرو  $1000 \text{ kg}$  باشد تعیین کنید:

- (الف) خط ترمز بر حسب متر  
 (ب) نیروی ترمز بر حسب نیوتن  
 (ج) کار ترمز بر حسب ژول  
 (د) توان ترمز بر حسب کیلووات

$$V = 72 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \div 3.6 = 20 \text{ m/s}$$

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} = \frac{0 - 20^2}{2 \times (-6)} = 33.33 \text{ m}$$

$$V = 0$$

$$F = m \cdot a = 1000 \times (-6) = -6000 \text{ N}$$

$$a = -6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{Br}} = F \times S = -6000 \times 33.33 = -200000 \text{ J}$$

$$m = 1000 \text{ kg} \quad \text{یا} \quad W_{\text{Br}} = \frac{1}{2} m (V^2 - V_0^2) = \frac{1}{2} \times 1000 \times (0 - 20^2) = -200000 \text{ J}$$

روش اول

$$S = ? \text{ m}$$

$$t = \frac{V - V_0}{a} = \frac{0 - 20}{-6} = 3.33 \text{ s}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$P_{\text{Br}} = \frac{W_{\text{Br}}}{t} = \frac{200000}{3.33} = -60060 \text{ W} \div 1000 = -60 \text{ kW}$$

$$W_{\text{Br}} = ? \text{ J}$$

$$P_{\text{Br}} = ? \text{ kW}$$

روش دوم

$$\bar{V} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{0 + 20}{2} = 10 \text{ m/s}$$

$$P = F \times \bar{V} = -6000 \times 10 = -60000 \text{ W} = -60 \text{ kW}$$

به تمرین بالا توجه کنید، چرا مقادیر نیرو، کار و توان منفی به دست آمدند؟

کار کلاسی





۱ خودرویی با جرم  $800 \text{ kg}$  و سرعت  $108 \text{ km/h}$  در حال حرکت است. ناگهان ترمز می‌کند. اگر مسافت ترمزگیری  $60 \text{ m}$  باشد و خودرو متوقف شود. حساب کنید:

$a = 7/5 \text{ m/s}^2$	الف) شتاب ترمز بر حسب $\text{m/s}^2$
$W_{Br} = 360000 \text{ J}$	ب) کار ترمز بر حسب $\text{J}$
$P_{Br} = 90 \text{ kW}$	ج) توان ترمز بر حسب $\text{kW}$
$F = 6000 \text{ N}$	د) کل نیروی ترمزگیری بر حسب نیوتن

۲ خودرویی با قدرت ترمز  $90 \text{ kW}$  با شتاب  $7 \text{ m/s}^2$  ترمز می‌کند. اگر زمان ترمزگیری  $4/5 \text{ s}$  باشد و خودرو متوقف شود حساب کنید:

$W_{Br} = 405000 \text{ J}$	الف) کار ترمز بر حسب $\text{J}$
$V_0 = 113/4 \text{ km/h}$	ب) سرعت اولیه اتومبیل بر حسب $\text{km/h}$
$s = 70/87 \text{ m}$	ج) مسافت ترمزگیری بر حسب $\text{m}$
$F = 5714 \text{ N}$	د) نیروی ترمز بر حسب $\text{N}$
$m = 816 \text{ kg}$	ه) جرم خودرو بر حسب $\text{kg}$

و) اگر نسبت وزنی چرخ جلو به عقب  $\frac{65\%}{35\%}$  باشد جرم اکسل جلو و عقب را بیابید.  
 $m_f = 530/6 \text{ kg}$

$$m_R = 285/4 \text{ kg}$$

ز) چنانچه در طی ترمزگیری  $15\%$  از وزن اکسل عقب بر روی اکسل جلو اضافه گردد جرم اکسل جلو و عقب را در این حالت بیابید. همچنین مقدار نیروی ترمزی اکسل جلو و عقب را حساب کنید.

$m_f = 652/8 \text{ kg}$	$F_f = 4573/6 \text{ N}$
$m_R = 163/2 \text{ kg}$	$F_R = 1143/4 \text{ N}$

در روی خودروهای موجود در کارگاه و یا بازار قطر سیلندر ترمز و قطر دیسک و کاسه ترمز چرخ‌های جلو و عقب را پژوهش کنید و در مورد تفاوت نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب نتیجه‌گیری کنید.



محاسبه نیروی مقاوم در برابر حرکت خودرو: نیروهای مقاوم در برابر حرکت مطابق جدول زیر محاسبه می‌شود.

نام نیروهای مقاوم	فرمول و روابط محاسبه نیروهای مقاوم	عوامل مؤثر در میزان نیروهای مقاوم
۱- نیروی مقاوم در برابر چرخش تایرها با زمین	$F_{R,r} = k \times w$ در جاده مسطح $F_{R,r} = k \times w \times \cos \alpha$ در جاده شیب‌دار محاسبه $F_{R,r}$ بر حسب سرعت خودرو $F_{R,r} = (a + bv) \times w$ $k = (a + bv)$ $a = 0/015 \quad \text{و} \quad b = 0/00016$ a و b ضرایب ثابت و v بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشند	نوع و ماهیت جاده (خاکی، شنی، آسفالت) نوع تایر - وزن روی تایر - سرعت خودرو - فشار باد تایر - عمر تایر
۲- نیروهای مقاوم هوا در برخورد با سطح جلوی خودرو	$F_{ar} = 0/048 \times c_w \times A \times v'^2$ $v' = v \pm v_w$ $A = B \times H$	سطح پیشانی جلوی خودرو - ضریب مقاومت هوا - سرعت خودرو و سرعت باد
۳- چنانچه خودرو در سطح شیب‌دار باشد نیروی مقاوم شیب	$F_{sl} = w \times \sin \alpha$ در زوایای کوچک و تا حدود فاصله ۱۰ درجه می‌توان درصد شیب را در نظر بگیریم $F_{sl} = w \times \rho$	افزایش وزن خودرو افزایش درصد شیب
مجموع نیروهای مقاوم	$F_R = F_{R,r} \pm F_{ar} \pm F_{sl}$	

در چه مواقعی از  $F_w$  و  $F_{sl}$  با علامت منفی و علامت مثبت استفاده می‌کنیم؟

فکر کنید



$$F_{R,r} = \text{نیروی مقاوم غلتشی تایر بر حسب } N$$

$$K = \text{ضریب مقاومت چرخشی تایر با زمین برای جاده خاکی } k = 0/059 \text{ و برای جاده آسفالتی } k = 0/015$$

$$\alpha = \text{زاویه شیب جاده بر حسب درجه}$$

$$w = \text{وزن خودرو بر حسب } N$$

$$F_{a,r} = \text{نیروی مقاوم هوا بر حسب } N$$

$$0/048 = \text{ضریب تبدیل واحدها}$$

$$C_w = \text{ضریب مقاومت هوا}$$

$$A = \text{سطح پیشانی خودرو بر حسب } m^2$$

$$V' = \text{برایند سرعت خودرو و سرعت باد بر حسب } km/h$$

$$V = \text{سرعت خودرو بر حسب } km/h$$

$$V_w = \text{سرعت باد بر حسب km/h}$$

$$B = \text{عرض جلوی خودرو بر حسب m}$$

$$H = \text{ارتفاع جلوی خودرو بر حسب m}$$

$$F_{sl} = \text{نیروی مقاومت سطح شیب‌دار بر حسب N}$$

$$\rho = \text{درصد شیب جاده}$$

$$F_R = \text{جمع نیروهای مقاوم در برابر حرکت خودرو N}$$

پژوهش کنید



- ۱ میزان  $k$  را برای کامیون‌ها و خودروهای سواری و نوع تایرهای رادیال و بایاس و تایرهای نو و فرسوده را بنویسید.
- ۲ با مراجعه به اینترنت یا کتب مرجع در مورد ضریب مقاومت هوا ( $C_w$ ) برای خودروهای سواری قدیمی و جدید و ورزشی و کامیون‌ها و اتوبوس‌ها پژوهش کنید.
- ۳ ضریب  $0.48$  در فرمول نیروی مقاوم باد به چه صورت محاسبه شده؟

نکته



در رابطه ( $V'$ ) اگر باد در خلاف جهت حرکت خودرو بوزد  $V_w$  با علامت مثبت و اگر باد موافق حرکت خودرو باشد  $V_w$  با علامت منفی در نظر گرفته می‌شود.

نکته



در روابط بالا اگر باد نوزد  $V_w = 0$  است.

نکته



در روابط صفحه قبل اگر خودرو در جاده مسطح و بدون شیب حرکت کند  $F_{sl} = 0$  می‌شود.

### ■ چنانچه خودرو در حال شتاب‌گیری باشد (حرکت شتاب‌دار با شتاب مثبت)

در این وضعیت نیروی شتاب‌دهنده و یا نیروی اینرسی با نیروهای مقاوم جمع می‌شود.

$$F_a = m \cdot a \quad m = \frac{w}{g} \Rightarrow F_a = \frac{w}{g} \times a \quad \text{اگر} \quad \frac{a}{g} = z \Rightarrow F_a = w \times z$$

$$F_a = \text{نیروی شتاب مثبت بر حسب N}$$

$$m = \text{جرم خودرو بر حسب kg}$$

$$a = \text{شتاب خودرو بر حسب } \frac{m}{s^2}$$

$$g = \text{شتاب جاذبه زمین } \frac{m}{s^2}$$

$z = \text{نسبت شتاب خودرو به شتاب جاذبه (که معمولاً بر حسب ضریبی از شتاب جاذبه گفته می‌شود)}$

■ چنانچه خودرو با سرعت ثابت (یکنواخت) در حال حرکت باشد نیروی محرکه چرخ‌های محرک با نیروی مقاوم برابر می‌باشد. یعنی:

$$F_{pl} = F_R$$

و چنانچه خودرو دارای حرکت شتاب‌دار با شتاب مثبت باشد نیروی محرک چرخ‌های محرک بیشتر از نیروی مقاوم در برابر حرکت است که نیروی محرک خودرو، مجموع نیروی مقاوم و نیروی شتاب می‌باشد. یعنی:

$$F_{pl} = F_R + F_a \Rightarrow F_a = F_{pl} - F_R$$

$$N = \text{نیروی محرک چرخ‌های محرک بر حسب } N$$

### توان چرخ‌های محرک

توانی که موتور برای نیروهای مقاوم مسیر و شتاب‌گیری تولید می‌کند، صرف‌نظر از تلفات سیستم انتقال قدرت همان توان چرخ‌های محرک می‌باشد.

$$P_e = P_{pl}$$

در صورت محاسبه تلفات سیستم انتقال قدرت از راندمان ( $\eta_T$ ) سیستم انتقال قدرت در فرمول استفاده می‌شود.

$$P_{pl} = P_e \times \eta_T$$

$$P_{pl} = F_{PL} \times V_w$$

$$P_{pl} = \text{توان چرخ‌های محرک بر حسب } kw$$

$$P_e = \text{توان مفید موتور بر حسب کیلو وات } kw$$

$$V_w = \text{سرعت خودرو یا سرعت چرخ بر حسب } m/s$$

$$\eta_T = \text{راندمان سیستم انتقال قدرت}$$

$$F_{pl} = \text{نیروی محرک پلوس}$$

نیروی محرک چرخ‌های محرک از روش دیگری نیز محاسبه می‌شود.

$$M_{pl} = F_{pl} \times r \Rightarrow F_{pl} = \frac{M_{pl}}{r} \text{ و } M_{pl} = M_m \times i_T \times \eta_T$$

$$\text{آنگاه} \Rightarrow F_{pl} = \frac{M_m \times i_T \times \eta_T}{r}$$

$$M_m = \text{گشتاور خروجی موتور بر حسب } N.m$$

$$M_{pl} = \text{گشتاور چرخ‌های محرک بر حسب } N.m$$

$$r = \text{شعاع دینامیکی چرخ بر حسب } m$$

$$i_T = \text{نسبت تبدیل کلی سیستم انتقال قدرت}$$



خودرویی با سرعت ثابت  $108 \text{ km/hr}$  از جاده‌ای آسفالتی با شیب  $18\%$  بالا می‌رود. اگر باد با سرعت  $12 \text{ km/hr}$  در جهت مخالف حرکت خودرو بوزد و ضریب مقاومت هوا  $0.067$  و سطح پیشانی خودرو  $2 \text{ m}^2$  و جرم آن  $1000 \text{ Kg}$  باشد. (مطلوب است الف) نیروی مقاومت مسیر خودرو بر حسب  $N$  (درصد شیب را می‌توان تانژانت زاویه در نظر گرفت)

$$V = 108 \text{ km/hr} \quad \text{tg}\theta = 0.18 \Rightarrow \theta = 10.3^\circ \Rightarrow \cos 10.3^\circ = 0.984$$

$$\rho = 1.18$$

$$\text{ک آسفالت } k = 0.015 \quad W = m \cdot g = 1000 \times 10 = 10000 \text{ N}$$

$$V_w = 12 \text{ km/hr} \quad F_{R,r} = w \times k \times \cos \alpha = 10000 \times 0.015 \times 0.984 = 147 \text{ N}$$

$$V' = V + V_w = 108 + 12 = 120 \text{ km/hr}$$

$$A = 2 \text{ m}^2 \quad F_{ar} = 0.048 \times C_w \times A \times V'^2 = 0.048 \times 0.067 \times 2 \times 120^2 = 92.6 \text{ N}$$

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$C_w = 0.067 \quad F_{SL} = w \times \rho = 10000 \times 0.18 = 1800 \text{ N}$$

در زوایای تا  $10^\circ$  درجه می‌توان  $\text{tg}\theta = \sin\theta$  در نظر گرفت. بنابراین درصد شیب  $0.18$  را می‌توان مستقیم در فرمول جاگذاری کرد.

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F_R = F_{SL} + F_{R,r} + F_{ar} = 1800 + 147 + 92.6 = 2039.6 \text{ N}$$

$$F_R = ?$$

ب) چنانچه خودرو بخواهد با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  سرعت خودرو را افزایش دهد نیروی محرکه چرخ‌ها چقدر باید باشد؟

$$F_a = m \times a \Rightarrow F_a = 1000 \times 2 = 2000 \text{ N}$$

$$F_{pl} = F_R + F_a \Rightarrow F_{pl} = 2039.6 + 2000 = 4039.6 \text{ N}$$

ج) چنانچه شعاع چرخ  $0.35 \text{ m}$  باشد و راندمان و نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت به ترتیب  $0.95$  و  $4:1$  باشد توان موتور را به دست آورید.

$$M_{pl} = F_{pl} \cdot r \Rightarrow M_{pl} = 4039.6 \times 0.35 = 1413.8 \text{ N.m} \quad \text{روش اول:}$$

$$M_{pl} = M_m \times i_T \times \eta_T \Rightarrow M_m = \frac{M_{pl}}{i_T \times \eta_T} = \frac{1413.8}{4 \times 0.95} = 372 \text{ N.m}$$

$$V = \frac{D \times \pi \times n_{pl} \times 3/6}{60} \Rightarrow n_{pl} = \frac{108 \times 60}{0.7 \times 3.14 \times 3/6} = 818.9 \text{ R.P.M}$$

$$n_m = n_{pl} \times i_T = 818.9 \times 4 = 3275.6 \text{ R.P.M}$$

$$P_e = \frac{M_m \times n_m}{9550} \Rightarrow P_e = \frac{372 \times 3275.6}{9550} = 127.6 \text{ kw}$$

روش دوم:

$$P_{pl} = F_{pl} \times V \Rightarrow P_{pl} = 4039/5 \times \frac{108}{3/6} = 121185 \div 1000 = 121/2 \text{kw}$$

$$P_e = \frac{P_{pl}}{\eta_r} = \frac{121/2}{0/96} = 127/6 \text{kw}$$

تمرین



۱ خودرویی با سرعت ثابت ۷۲ km/hr به یک سرازیری ۱۵٪ می‌رسد. اگر در این موقعیت راننده خودرو در وضعیت دنده خلاص و مقادیر  $C_w = 0/07$  و  $V_w = 0$  و  $A = 2/5 \text{m}^2$  و  $m = 1200 \text{kg}$  و  $k = 0/02$  و  $\cos\theta = 1$  باشد محاسبه کنید:

الف) سرعت خودرو کاهش یا افزایش می‌یابد؟ در صورتی که افزایش می‌یابد مقدار شتاب آن چقدر است.

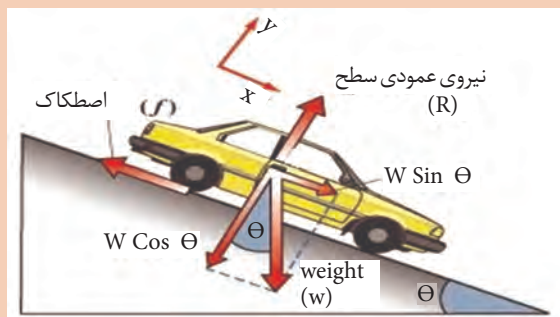
بر حسب  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  جواب  $a = 1/26 \text{m/s}^2$

ب) اگر نیروی مقاوم غلتشی تایر، بر حسب سرعت در نظر گرفته شود، شتاب افزایشی که به سرعت ۱۰۸ km/hr می‌رسد چقدر خواهد بود؟

جواب  $a = 1/095 \text{m/s}^2$

ج) اگر شتاب را ثابت فرض کنیم حدوداً پس از چند ثانیه به این سرعت می‌رسد.

جواب  $t = 8 \text{s}$



شکل ۷- نیروهای وارد بر خودرو در سطح شیب‌دار (سرازیری)

۲ خودرویی با دور موتور ۳۵۰۰ R.P.M و توان تولیدی ۱۱۰kw در این دور در یک سربالایی ۱۶٪ در حال حرکت است. چنانچه مقادیر مانند تمرین قبل ( $C_w = 0/07$  و  $V_w = 0$  و  $A = 2/5 \text{m}^2$  و  $m = 1200 \text{kg}$  و  $k = 0/02$  و  $\cos\theta = 1$ ) باشد و نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۴/۵:۱ و راندمان سیستم انتقال قدرت ۰/۹۸ و شعاع تایر ۰/۳۴m باشد، شتاب در این لحظه را به دست آورید؟



با راهنمایی هنرآموز و با توجه به مشخصات خودروهای موجود در کارگاه و محیط پیرامون خود، مسائل مشابه طرح و حل کنید.



### تمرین پایانی ۱:

موتوری با بازده حرارتی ۲۸٪ و ارزش حرارتی سوخت  $450000 \text{ kJ/h}$  کار می‌کند. چنانچه قدرت خروجی موتور ۷۵kw باشد و حجم آب سیستم خنک‌کننده ۱۵Lit و اتلاف حرارتی آب ۰/۳۲ و اختلاف درجه حرارت ورودی و خروجی  $25^\circ\text{C}$  و سوخت ویژه موتور  $25 \text{ kg/kw.h}$  باشد حساب کنید.

(الف) راندمان مکانیکی موتور

(ب) تعداد گردش آب در سیستم خنک‌کننده در یک ساعت

(ج) گشتاور موتور در دور ۳۰۰۰R.P.m

(د) اگر قطر بزرگ لنت کلاچ ۲۵cm و پهنای لنت ۵cm و ضریب اصطکاک لنت ۰/۶ باشد حداقل فشار بر لنت کلاچ را در این دور برحسب  $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$  حساب کنید.

(ه) اگر جرم خودرو  $1000 \text{ kg}$  و در جاده آسفالتی بدون شیب حرکت کند و سرعت باد صفر و سطح پیشانی خودرو  $2 \text{ m}^2$  و ضریب مقاومت هوا ۰/۰۶ باشد؛ چنانچه حرکت خودرو شتاب‌دار باشد مقدار شتاب را بیابید.

(و) پس از چند ثانیه سرعت خودرو به  $130 \text{ km/h}$  می‌رسد.

جواب  $a = 2/65 \text{ m/s}^2$  ,  $t = 4/82 \text{ s}$

(ز) اگر نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳:۱ باشد سرعت خودرو را با مشخصات تایر (۱۴ - ۱۸۵/۶۵R) حساب کنید.



### تمرین پایانی ۲:

خودرو با مشخصات تمرین ۱ با سرعت  $130 \text{ km/h}$  ترمز می‌کند و متوقف می‌شود. (الف) انرژی جنبشی خودرو که در اثر ترمز کردن به گرما تبدیل می‌شود را برحسب kJ حساب کنید.

جواب  $W = 652 \text{ kJ}$

(ب) اگر شتاب ترمز  $6 \text{ m/s}^2$  باشد راه ترمز و توان ترمز را بیابید.

جواب  $P_{Br} = 108/66 \text{ kw}$  جواب  $t = 6 \text{ s}$  جواب  $s = 108/66 \text{ m}$

(ج) چنانچه نسبت نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب  $\frac{70}{30}$  باشد، نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب را حساب کنید.



جواب  $F_{Br} = 4200/7$       جواب  $F_{Bf} = 1800/7$

د) چنانچه نسبت وزنی چرخ‌های جلو و عقب در حالت ترمز  $\frac{65}{35}$  باشد و ضریب اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ و دیسک  $0/8$  و همچنین ضریب اصطکاک بین چرخ و جاده  $0/8$  باشد، شعاع کاسه ترمز عقب و دیسک جلو چقدر باشد تا ترمز حالت ایده‌آل داشته باشد؟

جواب  $R_f = 461 \text{ mm}$        $R_r = 298 \text{ mm}$

فرمول محاسبه گشتاور اصطکاک چرخ و ترمز را پژوهش کنید.

پژوهش کنید



در حالت ترمز ایده‌آل گشتاور اصطکاکی چرخ با گشتاور اصطکاک ترمز برابر است.

نکته



پودمان سوم: محاسبات کاربردی در خودرو

شاخص	نمره شایستگی	استاندارد عملکرد	شایستگی
<p><b>معیار:</b> انجام یکی از شاخص‌های زیر علاوه بر شاخص‌های مراحل ۲ با استفاده از محاسبات مربوط به انتقال حرارت و اندازه‌های واقعی یک خودرو، اتلاف حرارت در یک خودرو را محاسبه کند.</p> <p>با استفاده از محاسبات مربوط به سرعت و شتاب و خط ترمز و اطلاعات واقعی یک خودرو، انرژی تلف شده ترمز را محاسبه کند و اندازه خط ترمز را به دست آورد.</p> <p>با استفاده از محاسبات انتقال انرژی مکانیکی در کلاچ، ابعاد واقعی یک خودرو را محاسبه کند.</p> <p>با توجه به اطلاعات دستگاه عیب‌یاب و زمان باز شدن انژکتور، مقدار مصرف ویژه در آن حالت یک خودرو را محاسبه کند.</p>	۳	محاسبات کاربردی در خودرو	محاسبات مربوط به زنجیره قدرت (موتور و انتقال قدرت)
<p><b>معیار:</b> انجام تمام موارد زیر محاسبات مربوط به حجم مصرف سوخت و سوخت ویژه را انجام دهد.</p> <p>محاسبات مربوط به گرمای حاصل از احتراق، گرمای مفید و تلف شده را انجام دهد.</p> <p>محاسبات مربوط به انتقال انرژی مکانیکی در کلاچ را انجام دهد.</p> <p>محاسبات مربوط به سرعت، شتاب و خط ترمز و توان و اثرات نیروی مقاوم غلتشی تایلر و مقاومت هوا را انجام دهد.</p>	۲	را برای سرویس یا عیب‌یابی و تعمیرات در خودرو به کار ببرد.	محاسبات مربوط به نیروهای مقاوم و محرک در خودرو
<p><b>معیار:</b> انجام ندادن هر یک از ۲ مورد زیر محاسبات مربوط به حجم مصرف سوخت و سوخت ویژه را انجام دهد.</p> <p>محاسبات مربوط به سرعت، شتاب و خط ترمز را انجام دهد.</p>	۱		