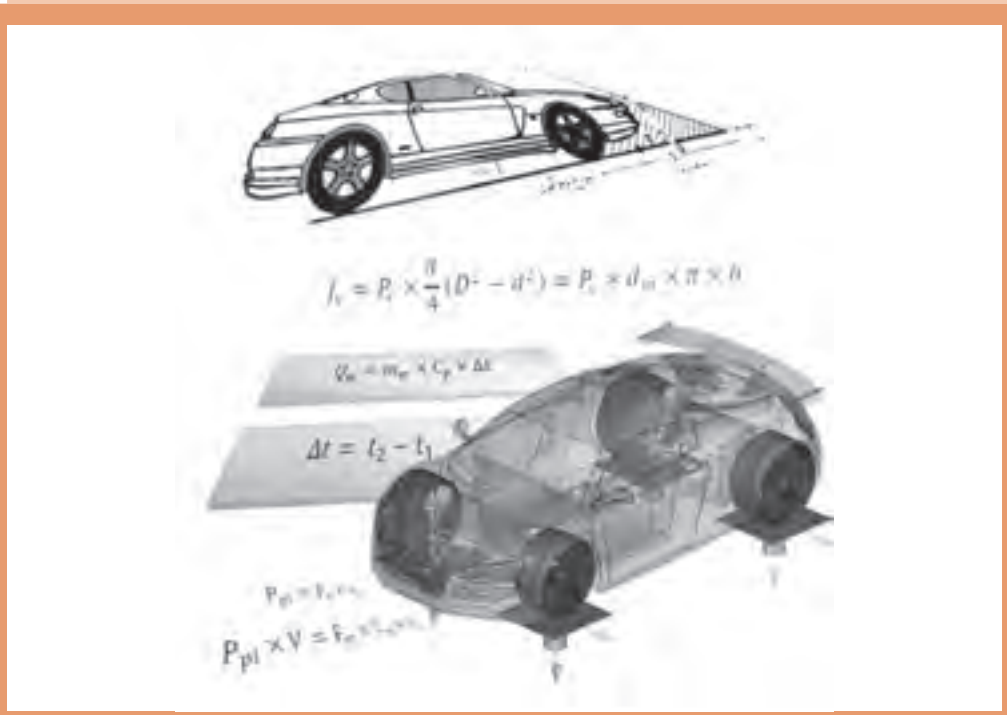
پودمان ۳

محاسبات کاربردی در خودرو



آیا می‌دانید چرا نمی‌توان هر رینگی را روی هرنوع 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.

پیش‌آزمون

۱ گشتاور موتوری در دور ۲۷۰۰ RPM با قدرت مفید ۷۲ KW چند نیوتن‌متر است؟
الف) ۷۲۰ ب) ۲۵۵ ج) ۳۵۰ د) ۴۲۰

۲ کار پیستونی که سطح آن ۷۰ سانتی‌متر مربع، کورس آن ۸ سانتی‌متر و فشار متوسط احتراق بر روی آن ۷۵ نیوتن بر سانتی‌متر مربع می‌باشد، چند ژول است؟
الف) ۴۲۰ ب) ۵۶۰ ج) ۵۲۵۰ د) ۶۰۰

۳ موتوری دارای قطر سیلندر ۸۰mm و کورس پیستون ۷۰mm دارای حجم تراکم سیلندر ۵۰cm^3 می‌باشد. نسبت تراکم آن را حساب کنید؟
الف) ۱۰:۱ ب) ۱۱:۱ ج) ۹:۱ د) ۸:۱

محاسبات حرارتی موتور

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

محاسبه کل حرارت حاصل از احتراق

$$Q = m \times CV$$

Q = کل حرارت حاصل از احتراق برحسب Kj
m = جرم سوخت مصرفی برحسب Kg
CV = ارزش حرارتی سوخت Kj/Kg

از طرفی	$m = V \times \rho$
پس	$Q = V \times \rho \times CV$

V = حجم سوخت مصرفی بر حسب m^3 یا lit
ρ = جرم حجمی سوخت kg/m^3 یا kg/lit

فکر کنید

به نظر شما رابطه بین واحدهای kg/lit، kg/m^3 و gr/cm^3 چیست؟

نکته

ارزش حرارتی سوخت: عبارت است از مقدار انرژی حرارتی که از سوختن یک کیلوگرم یا یک لیتر ماده سوختی به‌دست می‌آید.

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

چگالی نسبی و ارزش حرارتی بعضی از انواع سوخت‌ها

ماده	چگالی g/cm^3	ارزش حرارتی kj/kg
بنزین معمولی	۰/۷۲_۰/۷۸	۴۴۰۰۰
گازوئیل	۰/۸۲_۰/۸۶	۴۲۸۰۰
گاز طبیعی	۰/۷۹	۴۵۰۰۰
گاز مایع	۰/۷۹	۴۶۱۰۰

پژوهش کنید

انواع کمیت‌های ارزش حرارتی سوخت را بیابید.

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

مثال

موتوری ۱۰kg سوخت با ارزش حرارتی ۴۳۵۰۰kj/kg مصرف می‌کند حساب کنید:

الف) کل حرارت حاصل از احتراق برحسب kj.

ب) اگر چگالی سوخت ۰/۷۵kg/lit باشد حجم سوخت مصرفی را برحسب lit بیابید.

پاسخ:

$m = ۱۰kg$ $\quad Q = m \times CV$

$CV = ۴۳۵۰۰\ kj/kg$ $\quad Q = ۱۰ \times ۴۳۵۰۰ = ۴۳۵۰۰۰\ kj$

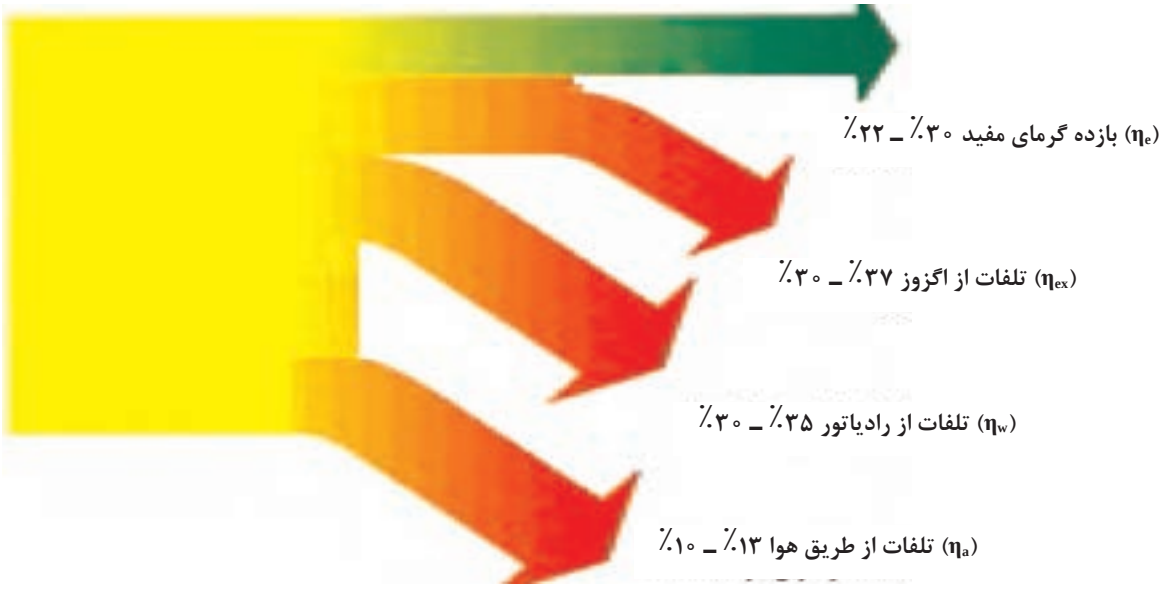
$Q = ?$

$\rho = ۰/۷۵\ kg/lit$ $\quad \rho = \frac{m}{V}$ $\quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{۱۰}{۰/۷۵} = ۱۳/۳۳lit$

$V = ?$

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

نکته

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

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

$$\eta_e + \eta_w + \eta_{ex} + \eta_a = ٪۱۰۰$$

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.

$$Q_e = Q \times \eta_e = m \times CV \times \eta_e = V \times \rho \times CV \times \eta_e$$
$$Q_w = Q \times \eta_w = m \times CV \times \eta_w = V \times \rho \times CV \times \eta_w$$
$$Q_{ex} = Q \times \eta_{ex} = m \times CV \times \eta_{ex} = V \times \rho \times CV \times \eta_{ex}$$
$$Q_a = Q \times \eta_a = m \times CV \times \eta_a = V \times \rho \times CV \times \eta_a$$

مثال

در یک موتور بنزینی اگر کل حرارت حاصل از احتراق ۴۲۰۰۰۰Kj باشد و بازده مفید ٪۲۸ و درصد اتلاف حرارت از طریق انتشار در هوا ٪۱۰ و از اگزوز ٪۳۳ باشد، مقدار گرمای مفید و تلف شده از راه اگزوز، هوا و سیستم خنک‌کاری را حساب کنید.

$Q = ۴۲۰۰۰۰\ kj$
$\eta_e = ٪۲۸$
$\eta_a = ٪\ ۱۰$
$\eta_{ex} = ٪\ ۳۳$
$Q_e = ?$
$Q_a = ?$

$Q_e = Q \times \eta_e = ۴۲۰۰۰۰ \times ۰/۲۸$
$Q_e = ۱۱۷۶۰۰\ kj$
$Q_a = Q \times \eta_a = ۴۲۰۰۰۰ \times ۰/۱$
$Q_a = ۴۲۰۰۰\ kj$
$Q_{ex} = Q \times \eta_{ex} = ۴۲۰۰۰۰ \times ۰/۳۳$
$Q_{ex} = ۱۳۸۶۰۰\ kj$

$Q_{ex} = ?$
$Q_w = ?$

روش اول برای Q_w:

$Q_w = Q - (Q_e + Q_a + Q_{ex})$
$Q_w = ۴۲۰۰۰۰ - (۱۱۷۶۰۰ + ۴۲۰۰۰ + ۱۳۸۶۰۰)$
$Q_w = ۴۲۰۰۰۰ - ۲۹۸۲۰۰ = ۱۲۱۸۰۰kj$

روش دوم برای Q_w:

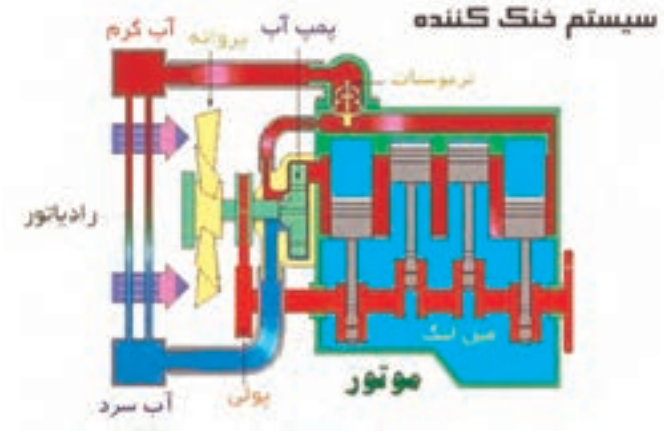
$۱۰۰ = \eta_e + \eta_w + \eta_{ex} + \eta_a$
$۱۰۰ = ۲۸ + \eta_w + ۳۳ + ۱۰ \Rightarrow \eta_w = ۲۹$
$Q_w = Q \times \eta_w = ۴۲۰۰۰۰ \times ۰/۲۹ = ۱۲۱۸۰۰\ kj$

تمرین

اگر موتوری با ارزش حرارتی سوخت مصرفی ۴۲۰۰۰Kj/kg و کل حرارت تولید شده مفید آن ۷۵۰۰۰kj و سوخت مصرفی آن ۶Kg باشد، حرارت اتلاف شده را برحسب درصد به‌دست آورید؟

جواب $\eta' = ٪۷۰$

محاسبه حجم آب مورد نیاز سیستم خنک‌کاری



شکل ۱ـ ساختار سیستم خنک‌کننده موتور

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

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

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

Q_w = مقدار گرمای منتقل شده به آب برحسب Kj

m_w = جرم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای Q_w به سیستم خنک‌کاری برحسب Kg

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

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

θ_2 = درجه حرارت آب خروجی از موتور به رادیاتور $^{\circ}C$

θ_1 = درجه حرارت آب ورودی از رادیاتور به موتور $^{\circ}C$

محاسبه جرم و حجم آب سیستم خنک‌کاری موتور

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

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

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

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

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

$\dot{Q}_w$ = 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)

$\overline{V}$ = حجم آب موجود در سیستم خنک‌کننده lit

n= تعداد دور آب در گردش R.p.m

ρ_w = جرم حجمی آب برحسب Kg/lit

$$1000 kg/m^3 = 1 kg/lit = 1 gr/cm^3$$

نکته

وجود نقطه (خوانده می‌شود دات dot) بالای کمیت‌ها نشان‌دهنده تأثیر زمان در آن کمیت است

مثلاً m ← جرم — $\dot{m}$ → جرم در واحد زمان

مثال

موتوری در هر دقیقه ۱۰۰گرم سوخت با ارزش حرارتی ۴۲۰۰۰kj/kg مصرف می‌کند.اگر ۳۳٪ از کل گرمای حاصل از احتراق به آب منتقل شود مطلوب است:

الف) کل گرمای حاصل از احتراق برحسب Kj /min

ب) مقدارحجم آب در گردش موتور برحسب lit/min

ج) اگر حجم آب سیستم خنک‌کننده ۶lit و اختلاف دمای آب ورودی و خروجی رادیاتور ۳۰°C باشد مقدار گردش کل حجم آب سیستم خنک‌کاری در دقیقه را حساب کنید.

پاسخ:

$\dot{m} = ۱۰۰ \frac{g}{min} \div ۱۰۰۰ = ۰/۱ \frac{kg}{min}$ $\qquad \dot{Q} = \dot{m} \times CV$

$CV = ۴۲۰۰۰ kj/kg$ $\qquad \dot{Q} = ۰/۱ \times ۴۲۰۰۰ = ۴۲۰۰ kj/min$

$\eta_w = \%۳۳$ $\qquad \dot{Q}_w = \dot{Q} \times \eta_w = ۴۲۰۰ \times ۰/۳۳ = ۱۳۸۶ kj/min$

$\dot{Q} = ? kj/min$ $\qquad V_w = \frac{\dot{Q}_w}{\rho_w \times Cp \times \Delta\theta} = \frac{۱۳۸۶}{۱ \times ۴/۲ \times ۳۰} = ۱۱ lit/min$

$V_w = ? lit/min$ $\qquad n = \frac{V_w}{V} = \frac{۱۱}{۶} = ۱/۸۳۳ R.P.M$

$n = ?$ ۱/min

ρ_w آب = ۱kg/lit

Cp=۴/۲kj/kg°C

$\Delta\theta = ۳۰°C$

تمرین

۱ مصرف سوخت اتومبیلی ۷ لیتر بر ساعت، ارزش حرارتی سوخت ۴۱۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم با جرم حجمی ۰/۷۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، درصد حرارت‌های تلف شده به ترتیب از اگزوز ۳۵٪ از آب ۳۲٪ و از راه انتشار به هوا ۷٪ باشد، حساب کنید.

الف) حرارت تلف شده از اگزوز برحسب کیلوژول

ب) کل حرارت تلف شده برحسب کیلوژول

جواب $Q_w = ۷۸۳۵۱ kj$ ، $\Delta Q = ۱۶۵۶۵۶ kj$

۲ موتوری با حجم آب موتور و رادیاتور ۸Lit، حرارت منتقل شده به سیستم خنک‌کاری ۳۰٪، مصرف سوخت ۱۲Lit/hr با ارزش حرارتی ۳۶۰۰۰kj/lit و تقلیل درجه حرارت آب توسط رادیاتور ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تعداد گردش آب موتور و رادیاتور توسط واتر پمپ را در یک دقیقه حساب کنید؟

جواب $n = ۴/۲۸ R.P.M$ $\qquad \rho_w = ۱ \frac{kg}{Lit}$ ، $Cp = ۴/۲ \frac{kj}{kg\,°C}$

۳ 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 خنک‌کاری ۳۰٪ می‌باشد. اگر تغییر درجه حرارت آب ۲۰ درجه کلوین باشد حساب کنید:

الف) حجم آب جابه‌جا شده برحسب لیتر بر ساعت

ب) حرارت مفید حاصل از احتراق برحسب کیلوژول بر ساعت

$$Cp = ۴/۲\frac{kj}{kg\,^{\circ}C} \quad , \quad \rho_w = ۱\frac{kg}{Lit}$$

جواب $V_w = ۲۴۰۰\frac{Lit}{hr}$, جواب $Q_e = ۱۶۸۰۰۰\ kj/hr$

۴ مشخصات حرارتی موتوری به شرح زیر است:

کل حرارت تولیدی در یک ساعت ۵۰۰۰۰۰Kj، درصد اتلاف گرمای سیستم خنک‌کاری ۳۰٪، تقلیل دمای آب رادیاتور ۱۵°C و تعداد گردش آب ۴۷۵R.P.h. مطلوب است: الف) حجم آب موجود در سیستم خنک‌کاری برحسب Lit؟

$$C_p = ۴/۲\frac{kj}{kg\,^{\circ}C} \quad , \quad \rho_w = ۱\frac{gr}{cm^{۳}}$$

جواب $\overline{V} = ۵Lit$

ب) اگر تعداد گردش آب با توجه به عیب در سیستم خنک‌کاری به ۳۵۷R.P.h برسد اختلاف دما بین ورودی و خروجی رادیاتور را محاسبه کنید.

جواب: ۲۰°C

نکته

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

محاسبهٔ حجم سوخت مصرفی موتور از طریق انرژی حرارتی موتور: گرمای مفید حاصل از احتراق (Q_e) نسبت به زمان را توان تئوری یا اندیکاتوری می‌گویند و با P_i نمایش می‌دهند.

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

$$m = \frac{P_i \times ۳۶۰۰}{cv.\eta_e}$$

محاسبه سوخت مصرفی در یک ساعت:

P_i: توان اندیکاتوری (داخلی) موتور برحسب kw

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

t: زمان برحسب 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 Pe نمایش می‌دهند. نسبت توان مفید به توان تئوری (اندیکاتوری) را بازده مکانیکی می‌گویند و با η_m نمایش می‌دهند.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \times ۱۰۰$$

Pe: توان مفید موتور برحسب kw

η_m: راندمان مکانیکی موتور برحسب درصد

$$۱kw = ۱\frac{kj}{s}$$

مثال

اگر توان مفید موتوری ۴۴kw و بازده حرارتی آن ٪۳۲، بازده مکانیکی ٪۹۰ باشد و سوخت مصرفی این موتور بنزین با جرم حجمی ۰/۷۸ $^{gr}/_{cm^3}$ و ارزش حرارتی سوخت ۴۳۵۰۰ $^{kj}/_{kg}$ در نظر گرفته شود، حجم سوخت مصرفی این موتور در هر ساعت چند لیتر است؟

$P_e = ۴۴kw$

$\eta_e = ٪۳۲$

$\eta_m = ٪۹۰$

$C_V = ۴۳۵۰۰ ^{kj}/_{kg}$

$\rho = ۰/۷۸ gr/cm^3$

V=? lit

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{۴۴}{۰/۹} = ۴۸/۹kw$$

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

$$۴۸/۹ = \dot{m} \times ۴۳۵۰۰ \times ۰/۳۲ \Rightarrow \dot{m} = ۰/۰۰۳۵ ^{kg}/_{s}$$

$$\dot{m} = ۰/۰۰۳۵ \times ۳۶۰۰ = ۱۲/۶ ^{kg}/_{hr}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{۱۲/۶}{۰/۷۸} = ۱۶/۱۵ ^{lit}/_{hr}$$

تمرین

حرارت مفید موتور چهار زمانه چهارسیلندری قبل از تعمیر و سرویس ۷۵۰۰۰kj می‌باشد. اگر بازده حرارتی موتور ۲۵٪، بازده مکانیکی موتور ۸۵٪، ارزش حرارتی سوخت آن ۴۳۵۰۰ $^{kj}/_{kg}$ و جرم حجمی سوخت آن ۰/۷۲ $^{gr}/_{cm^3}$ باشد، الف) سوخت مصرفی موتور را برحسب lit حساب کنید.

جواب: V= ۹/۵۸ lit

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

جواب: P_e = ۵۳/۱۲۵ kv

ج) چنانچه بعد از تعمیر و سرویس موتور مصرف سوخت موتور ۸/۶ لیتر در زمان بیست دقیقه مصرف کند و توان مفید موتور همان توان قبلی باشد راندمان مکانیکی موتور را حساب کنید.

جواب: $\eta_m = ٪۹۴$

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 می‌شود، که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

b_e: میزان مصرف سوخت ویژه برحسب $kg/kw.hr$

$\dot{m}$: جرم سوخت مصرفی برحسب kg/hr

P_e: توان مفید موتور برحسب kw

مثال

موتوری با توان مفید ۶۰kw در هر ساعت ۱۲ لیتر سوخت با جرم حجمی ۰/۷۵ kj/kg مصرف می‌کند. مصرف ویژه سوخت این موتور چند $kg/kw.hr$ می‌باشد.

$P_e = ۶۰k_w$ $\qquad$ $\dot{m} = \dot{V} \times \rho$

$\dot{V} = ۱۲ Lit/hr$ $\qquad$ $\dot{m} = ۱۲ \times ۰/۷۵ = ۹ kg/hr$

$\rho = ۰/۷۵ kg/lit$ $\qquad$ $b_e = \frac{\dot{m}}{P_e} = \frac{۹}{۶۰} = ۰/۱۵ kg/kw.hr$

تمرین

۱ در اکثر گشتاور موتوری در دور ثابت ۲۷۵۰ دور در دقیقه ۱۰۸ N.m است. اگر بازده حرارتی مفید موتور ۳۰٪، ارزش حرارتی سوخت ۴۶۲۰۰ kj/kg، جرم حجمی ۰/۷۵ gr/cm^3 و راندمان مکانیکی موتور ۹۰٪ باشد حساب کنید.

الف) حرارت مفید موتور برحسب kj/s یا P_{is} ۳۴/۵۵ k_w جواب

ب) مصرف سوخت موتور را در یک ساعت برحسب لیتر به‌دست آورید.

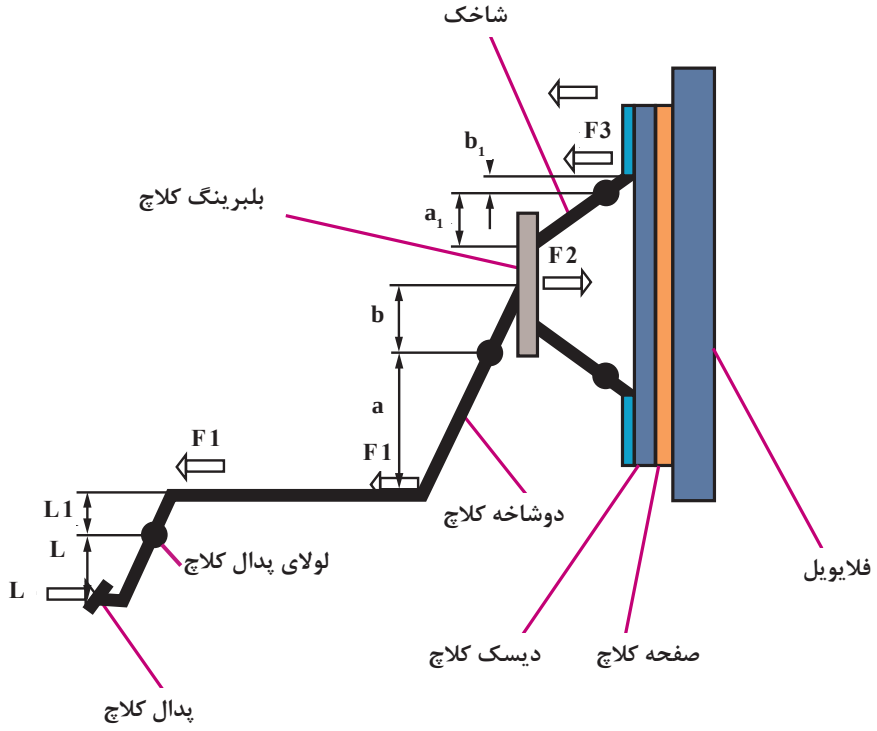
ج) مصرف سوخت ویژهٔ موتور برحسب $kg/kw.hr$

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.

محاسبهٔ 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 ۲ـ 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 × نیروی مقاوم = بازوی محرک× نیروی محرک) یا گشتاورگیری حول لولای پدال به‌دست می‌آید.

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

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:

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

نیروی $F_۲$ به شاخک‌ها اعمال شده و نیروی $F_۳$ برای جدا کردن دیسک و آزاد شدن صفحه کلاچ اعمال می‌شود. پس:

$$F_۲a_۱ = F_۳b_۱ \Rightarrow F_۳ = \frac{a_۱}{b_۱}F_۲ \Rightarrow F_۳ = \frac{F \times L \times a \times a_۱}{L_۱ \times b \times b_۱} \Rightarrow F_۳ = F \times \frac{L}{L_۱} \times \frac{a}{b} \times \frac{a_۱}{b_۱}$$

$a_۱$= بازوی محرک فنر دیافراگمی یا شاخک دیسک
$b_۱$ = بازوی مقاوم فنر دیافراگمی یا شاخک دیسک
a = بازوی محرک دوشاخه کلاچ
b = بازوی مقاوم دوشاخه کلاچ
$L_۱$ = بازوی مقاوم پدال
L = بازوی محرک پدال

مثال

در شکل قبل اگر نیروی پای راننده $F=۵۰N$ و $L=۲۰cm$ و $L_۱=۵cm$ و $a=۱۰cm$ و $a_۱=۱۰cm$ و $b=۵cm$ و $b_۱=۲cm$ باشند. نیروی آزاد کردن دیسک از صفحه کلاچ را حساب کنید.

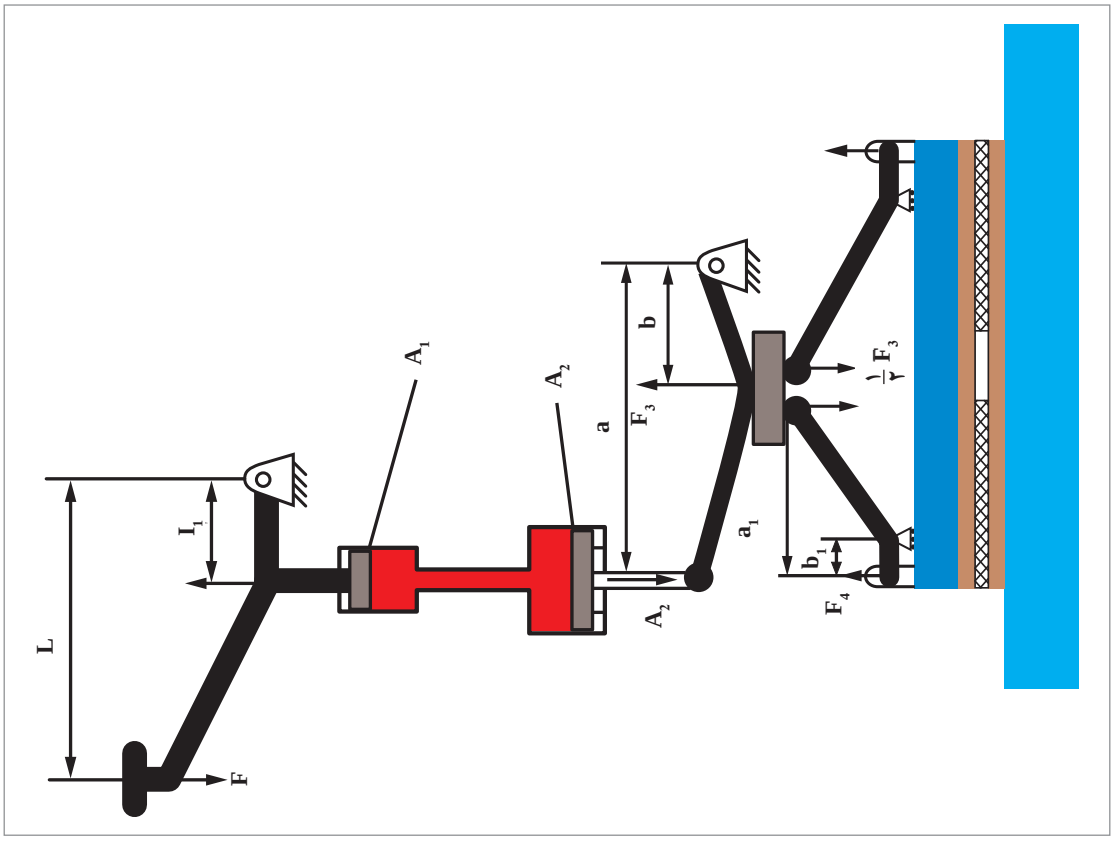
$$F_۳ = ?N \qquad F_۳ = \frac{F \times L \times a \times a_۱}{L_۱ \times b \times b_۱} = \frac{۵۰ \times ۲۰ \times ۱۰ \times ۱۰}{۵ \times ۵ \times ۲} = ۲۰۰۰N$$

تمرین

در یک سیستم کلاچ از نوع مکانیکی اگر نیروی اعمال شده به پدال کلاچ ۴۵ N، طول پدال تا تکیه‌گاه آن $L=۲۵cm$، طول تکیه‌گاه پدال تا محل اتصال سیم کلاچ $L_۱=۸cm$، فاصله دو شاخه کلاچ تا تکیه‌گاه $a=۱۵cm$ و فاصله تکیه‌گاه دو شاخه کلاچ تا بلبرینگ کلاچ $b=۱۲cm$ باشد، نیروی وارد به بلبرینگ کلاچ را حساب کنید.

جواب: $F_۲ = ۱۷۵/۸N$

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



شکل ۳ـ مکانیزم کلاچ از نوع هیدرولیکی

نیروی سیستم هیدرولیکی با توجه به قانون پاسکال $F_۲ = \frac{F_۱ d_۲^۲}{d_۱^۲}$

$d_۱$ = قطر پیستون پمپ بالا (زیر پا) برحسب سانتی‌متر

$d_۲$ = قطر پیستون پمپ پایین برحسب سانتی‌متر

نیروی آزادسازی دیسک و صفحه کلاچ $F_۴ = F \times \frac{L}{L_۱} \times \frac{d_۲^۲}{d_۱^۲} \times \frac{a}{b} \times \frac{a_۱}{b_۱}$

کار کلاسی

فرمول $F_۲ = \frac{F_۱ d_۲^۲}{d_۱^۲}$ چگونه به‌دست آمده است؟

نکته

قطر پیستون پمپ بالا کوچک‌تر از قطر پیستون پمپ پایین می‌باشد.

مثال

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

۱ـ نیروی وارد به پیستون پمپ بالای کلاچ چند نیوتن (N) است؟

۲ـ فشار روغن در مدار چند نیوتن بر سانتی‌مترمربع است؟

۳ـ نیروی مؤثر بر آسیابک چند نیوتن است؟

۴ـ نیروی وارد به دیسک کلاچ برای آزادسازی صفحه کلاچ چند نیوتن است؟

$P=?N/cm^2$

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

$F_1,F_2,F_3,F_4=?N$

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

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

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

$F_2=P\times A_2\Rightarrow$ $F_2=47/36\times 9/6=457/5N$

$F_3\times b=F_2\times a\Rightarrow F_3=\frac{F_2.a}{b}$ $F_3=\frac{457/5\times 12}{5}=1098N$

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

تمرین

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

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

۲ نیروی فشاری وارد بر صفحه کلاچ برحسب (N)

جواب: $F_4=4363/6N$ $F_3=1090/9N$

پژوهش کنید

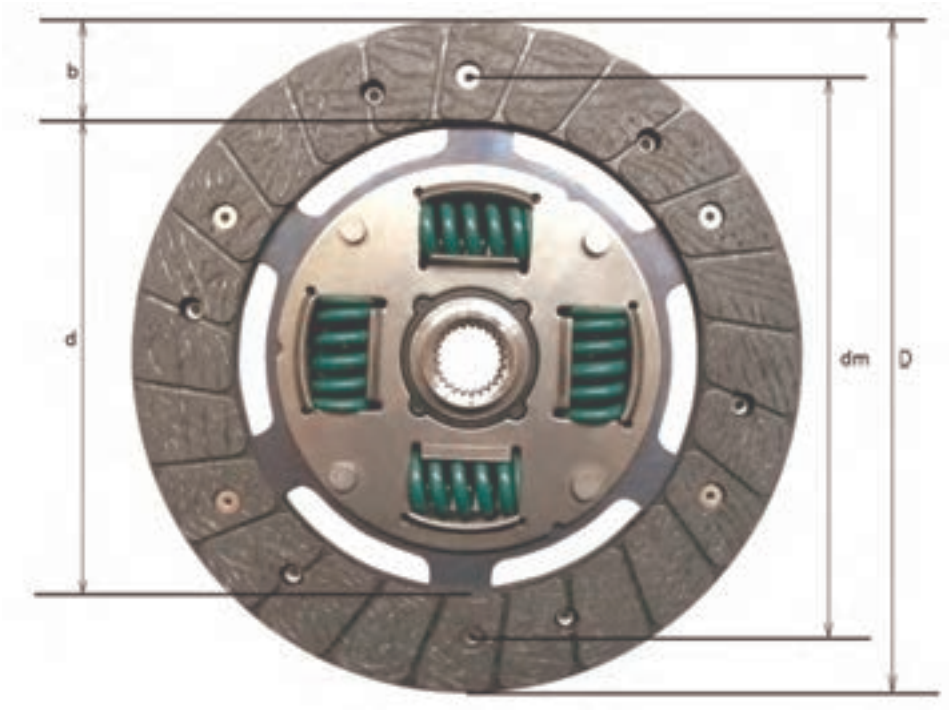
در دیسک‌های قدیمی شاخکی، نیروی فشاری دیسک به چه صورت محاسبه می‌شود؟

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

$$A = \frac{\pi}{۴}(D^{۲} - d^{۲}) = d_m \times \pi \times b$$

پرسش کلاسی

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



شکل ۴ـ ابعاد صفحه کلاچ

A = سطح لنت برحسب ($cm^{۲}$)
D= قطر بزرگ لنت برحسب (cm)
b= پهنای لنت برحسب (cm)

d= قطر کوچک لنت برحسب (cm)
d_m= قطر متوسط لنت برحسب (cm)

$$d_m = \frac{D+d}{۲} \qquad b = \frac{D-d}{۲} = d_m - d = D - d_m$$

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

$$f_c = P_c \times \frac{\pi}{۴}(D^۲ - d^۲) = p_c \times d_m \times \pi \times b$$

f_c = نیروی وارد بر صفحه کلاچ (N)

P_c = فشار وارد بر صفحه کلاچ ($N/cm^۲$)

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 $N/cm^۲$ حساب کنید.

f_c = ۱۶۰۰N

D =۲۱cm

d =۱۶cm

P_c =?

$$A = \pi\left(\frac{D^۲ - d^۲}{۴}\right) = ۳/۱۴\left(\frac{۲۱^۲ - ۱۶^۲}{۴}\right) = ۱۴۵/۲cm^۲$$

$$P_c = \frac{f_c}{A} = \frac{۱۶۰۰}{۱۴۵/۲} = ۱۱ \ N/cm^۲$$

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 = ۴۵۲۱/۶N

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

$$F_f = f_c \times ۲k \times \mu$$

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

μ = ضریب اصطکاک بین صفحه کلاچ با فلایویل و دیسک

گشتاور اصطکاکی کلاچ: برای محاسبه گشتاور اصطکاکی کلاچ از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$M_f = F_f \times R_m$$

M_f = گشتاور اصطکاکی کلاچ برحسب (N.m)

F_f = نیروی اصطکاکی کلاچ برحسب (N)

R_m = شعاع متوسط لنت کلاچ برحسب (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 صفحهٔ کلاچ برحسب N/cm^2.

ب) گشتاور اصطکاکی کلاچ برحسب N.m.

$K = ۱$

$d_m = ۲۱۰mm \div ۱۰ = ۲۱cm$ $\quad F_f = f_c \times ۲k \times \mu$

$b = ۴۰mm \div ۱۰ = ۴cm$ $\quad f_c = \dfrac{F_f}{۲k \times \mu} = \dfrac{۳۳۶۰}{۲ \times ۱ \times ۰/۶} = ۲۸۰۰N$

$F_f = ۳۳۶۰N$ $\quad A = d_m \times \pi \times b$

$\mu = ۰/۶$

$P_c = ?$ $\quad A = ۲۱ \times ۳/۱۴ \times ۴ = ۲۶۳/۷۶cm^2$

$M_f = ?N.m$ $\quad P_c = \dfrac{f_c}{A} = \dfrac{۲۸۰۰}{۲۶۳/۷۶} = ۱۰/۶ N/cm^2$

$$R_m = \frac{d_m}{۲} = \frac{۲۱}{۲} = ۱۰/۵ \div ۱۰۰ = ۰/۱۰۵m$$

$$M_f = F_f \times R_m = ۳۳۶۰ \times ۰/۱۰۵ = ۳۵۲/۸ N.m$$

فکر کنید

ظرفیت گشتاور انتقالی کلاچ باتوجه به گشتاور موتور به چه صورت محاسبه می‌شود؟

تمرین

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

الف) حداقل فشار وارد بر لنت را برحسب N/cm^2 به‌دست آورید.

ب) اگر حداکثر گشتاور اصطکاکی قابل انتقال کلاچ ۲۴۰N.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 ۷۲۰۰N، قطر کوچک لنت ۱۵۰mm و قطر متوسط آن ۲۲۰mm می‌باشد.

الف) فشار وارد بر لنت را برحسب بار به‌دست آورید.
ب) بیشترین گشتاور قابل انتقال کلاچ را برحسب N.m به‌دست آورید.

۳ موتوری با گشتاور حداکثر ۱۰۸N.m وجود دارد چنانچه نسبت گشتاور اصطکاکی کلاچ به موتور ۱/۶ برابر باشد و ضریب اصطکاک لنت کلاچ ۰/۶، قطر بزرگ صفحه کلاچ ۱۸۰mm و قطر کوچک ۱۲۷/۵mm و نیروی وارد بر دیسک ۳۹۰۰N و نسبت افزایش نیرو پدال $(\frac{L}{L_1})$ ۵/۱۸ باشد.

الف) فشار وارد بر صفحه کلاچ را برحسب N/cm^2 حساب کنید. $P_e = ۷/۴N/cm^2$: 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 صرف‌نظر از لغزش تایر می‌توان با سرعت محیطی یا سرعت خطی تایر برابر دانست و از رابطه زیر محاسبه کرد:

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

$$V^{m}/_{s} = D_s \times \pi \times n_{pl}$$

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

$$V^{m}/_{s} = \frac{D_s \times \pi \times n_{PL}}{۶۰}$$

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

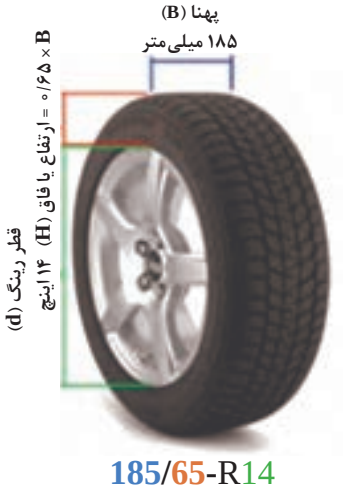
$$V(^{km}/_{hr}) = \frac{D_D \times \pi \times n_{PL} \times ۳/۶}{۶۰}$$

نکته

D_S قطر تایر در حالت بدون بار (تایر آزاد باشد) می‌باشد در حالی‌که هنگامی که تایر زیر بار عمودی و در حرکت باشد شعاع تایر اندکی کاهش می‌یابد که به این شعاع، شعاع دینامیکی گفته می‌شود. قطر دینامیکی دو برابر شعاع دینامیکی می‌باشد لذا بهتر است برای محاسبه سرعت واقعی از قطر دینامیکی استفاده کرد، و اگر قطر دینامیکی معلوم نبود می‌توان از قطر استاتیکی استفاده کرد.

کار کلاسی

با کمک هنرآموز ضریب تبدیل (۳/۶) تبدیل m/s به km/h را به‌دست آورید.



شکل ۵ــ ابعاد تایر

برای محاسبه قطر استاتیکی تایر از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$D_S = d + 2H$$

D_S= قطر اسمی (استاتیکی) تایر برحسب m

d= قطر رینگ برحسب m

H= ارتفاع یا فاق تایر برحسب m

روی تایر مشخصات آن توسط کارخانه سازنده حک می‌شود که در این مشخصات معمولاً در خودروهای سواری با تایر رادیال، قطر رینگ برحسب اینچ و نسبت ارتفاع به پهنا ($\frac{H}{B}$) به درصد و پهنای تایر برحسب میلی‌متر داده می‌شود.

کار کلاسی

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

نکته

روی تایرهای قدیمی و کامیون‌ها مشخصات تایر به این شکل حک می‌شد: مثلاً (۱۳ـ۵/۶۰) که ارتفاع تایر و قطر رینگ هر دو برحسب اینچ می‌باشند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

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

امروزه مشخصات تایر مانند شکل صفحه قبل (مثلاً R۱۴ـ۱۸۵/۶۵) داده می‌شود که به شکل زیر محاسبه می‌شود. که از نسبت $\frac{H}{B}$ ارتفاع (فاق) تایر (B) برحسب میلی‌متر به‌دست می‌آید.

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

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

نکته

همیشه قطر رینگ بر حسب اینچ داده می‌شود.

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 (۱۳ـ۵/۶۰) و قطر دینامیکی تایر ۹۲٪ قطر اسمی باشد، سرعت اتومبیل را برحسب km/h حساب کنید.

$n_m = 4000$R.P.m

$i = ۳/۸ : ۱$ $\qquad n_{PL} = \frac{n_m}{i} = \frac{۴۰۰۰}{۳/۸} = ۱۰۵۲/۶ R.P.m$

۵۶۰ـ۱۳ مشخصات تایر $\qquad D_s = d + ۲H = ۱۳ + ۲ \times ۵/۶ = ۲۴/۲ in$

$D_D = ۰/۹۲ D_S$ $\qquad D_s = ۲۴/۲ \times ۲۵/۴ = ۶۱۴/۶۸ mm$

$V = ?\ ^{km}/_{hr}$

$D_D = ۰/۹۲ D_S = ۰/۹۲ \times ۶۱۴/۶۸ = ۵۶۵/۵ mm$

$D_D = ۵۶۵/۵ \div ۱۰۰۰ = ۰/۵۶۵۵ m$

$V\ ^{km}/_{hr} = \frac{D_D \times \pi \times n_{PL} \times ۳/۶}{۶۰}$

$V = \frac{۰/۵۶۵۵ \times ۳/۱۴ \times ۱۰۵۲/۶ \times ۳/۶}{۶۰} = ۱۱۲\ ^{km}/_{hr}$

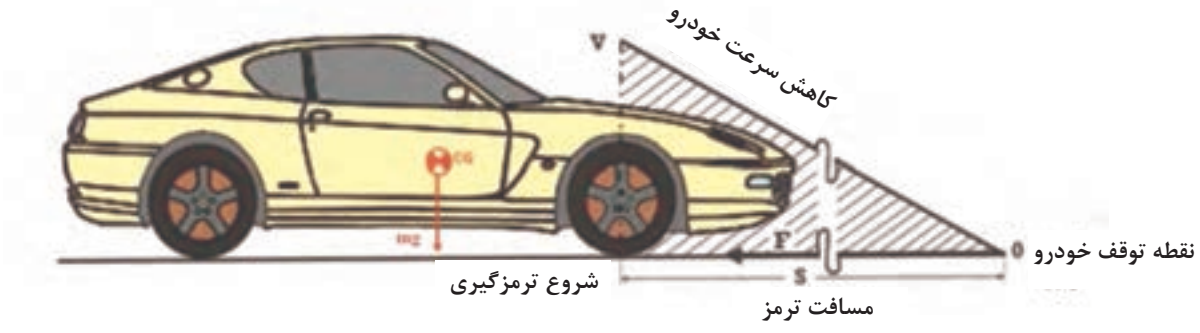
تمرین

۱ یک خودرو با دور موتور ۳۵۰۰R.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 ۱۲۰km/hr و دور موتور ۳۳۰۰R.P.M در حال حرکت است چنانچه نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳:۱ و ابعاد چرخ ۱۷۵/۷۰ R۱۴ باشد، نسبت قطر دینامیکی به استاتیکی تایر را به‌دست آورید.

جواب: ۰/۹۶

محاسبه مسافت ترمز



شکل ۶ـ 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.

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

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.

$$a = \frac{v - v_\circ}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_\circ}{a}$$

v = سرعت ثانویه یا سرعت نهایی خودرو (که در توقف کامل صفر در نظر گرفته می‌شود) برحسب m/s
$v_\circ$ = سرعت اولیه خودرو در لحظه ترمزگیری برحسب m/s
a = شتاب ترمزگیری که منفی می‌باشد برحسب m/s^2

فرمول مستقل از زمان $v^2 - v_\circ^2 = 2 \times a \times s$

S = مسافت ترمزگیری برحسب m

فرمول محاسبه مسافت برحسب زمان ترمزگیری $s = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_\circ \times t$

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

$S_R = v_\circ \times t_R$
$S_T = S + S_R$

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 ۱۲۰km/h در حرکت است وناگهان با شتاب $۵\ {}^{m}/_{s^۲}$ ترمز می‌کند. اگر کل فاصله طی شده تا توقف خودرو ۱۳۰ m باشد. الف) مسافت طی شده در زمان عکس‌العمل راننده چند متر است ب) کل زمان طی شده تا توقف کامل چند ثانیه است؟

$V_۰ = ۰$

$V = ۱۲۰km/h$ $\quad V = ۱۲۰ \div ۳/۶ = ۳۳/۳۳m/s$

$a = -۵\ {}^{m}/_{s^۲}$

$S_T = ۱۳۰m$ $\quad S = \frac{v^۲ - v_۰^۲}{۲a} = \frac{۰ - (۳۳/۳۳)^۲}{۲\times(-۵)} = ۱۱۱m$

$S_R = ?$ $\quad S_R = S_T - S = ۱۳۰ - ۱۱۱ = ۱۹m$

روش دوم

$$t = \frac{v - v_۰}{a} = t = \frac{۰ - ۳۳/۳۳}{-۵} = ۶/۶۶s$$

$$s = \frac{۱}{۲}\times a \times t^۲ + v_۰ \times t$$

$$s = \frac{۱}{۲}\times(-۵)\times ۶/۶۶^۲ + (۳۳/۳۳\times ۶/۶۶) = ۱۱۱m$$

$$S_R = S_T - S = ۱۳۰ - ۱۱۱ = ۱۹m$$

ب)
$$S_R = v_۰ \times t_R \Rightarrow t_R = \frac{۱۹}{۳۳/۳۳} = ۰/۵۷s$$

$$t_T = t + t_R \Rightarrow t_T = ۶/۶۶ + ۰/۵۷ = ۷/۲۳S$$

تمرین

۱ خودرویی با سرعت $۱۰۸\ {}^{km}/_{hr}$ حرکت می‌کند. اگر راننده ترمز کند و زمان عکس‌العمل راننده ۰/۴ ثانیه باشد و طی زمان ۳ ثانیه سرعت خودرو به $۳۶\ {}^{km}/_{hr}$ برسد حساب کنید:

الف) شتاب ترمز بر حسب $ {}^{m}/_{s^۲}$

ب) کل مسافت طی شده از لحظه دیدن مانع تا انتهای مرحله ترمزگیری برحسب m

۲ خودرویی با سرعت ۷۲km/h در حال حرکت است. در این حالت مانعی سر راه ظاهر می‌شود و راننده ترمز می‌کند. اگر زمان عکس‌العمل ترمز ۰/۲ ثانیه باشد و خودرو از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل ۵۰ متر پیموده باشد حساب کنید.

الف)مسافت پیموده شده در زمان عکس‌العمل و ترمزگیری بر حسب m

ب) شتاب ترمز برحسب $ {}^{m}/_{s^۲}$.

ج) کل زمان ترمز از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل بر حسب 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} = کار نیروی ترمز بر حسب N.m یا ژول(J)
F = کل نیروی ترمزگیری خودرو برحسبN
S = مسافت ترمزگیری برحسب m

کار کلاسی

کار ترمز را برحسب نیروی اصطکاکی ترمز چرخ‌های جلو وعقب وقطر کاسه چرخ یا دیسک چرخ و دور آنها به‌دست آورید؟

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 = سرعت خودرو در لحظه شروع ترمز بر حسب m/s
V = سرعت خودرو در پایان ترمز بر حسب m/s
m = جرم اتومبیل kg

بنابراین می‌توان نوشت:

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

پرسش کلاسی

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

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

P_{Br} = توان یا قدرت ترمز بر حسب وات (w)
t = مدت زمان ترمزگیری بر حسب ثانیه (s)

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

$$1W = 1\frac{N.m}{s}$$

روش دوم محاسبه توان ترمز:

$\overline{V}$ = سرعت متوسط خودرو برحسب m/s برای حرکت شتاب‌دار
F= نیروی شتاب ترمز برحسب N

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

مثال

سرعت خودرویی $72km/hr$ است. این خودرو ناگهان ترمز می‌کند و با شتاب $6m/s^2$ سرعتش به صفر می‌رسد. اگرجرم خودرو $1000kg$ باشد تعیین کنید:

الف)خط ترمز برحسب متر

ب) نیروی ترمز برحسب نیوتن

ج) کار ترمز برحسب ژول

د) توان ترمز برحسب کیلووات

$V = 72\frac{km}{rh} \div 3/6 = 20\frac{m}{s}$ $\qquad S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} = \frac{0 - 20^2}{2\times(-6)} = 33/33m$

$V = 0$ $\qquad F = m.a = 1000 \times (-6) = -6000N$

$a = -6\frac{m}{s^2}$ $\qquad W_{Br} = F \times S = -6000 \times 33/33 = -200000J$

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

روش اول

$S = ?m$ $\qquad t = \frac{V - V_0}{a} = \frac{0 - 20}{-6} = 3/33s$

$F = ?N$ $\qquad P_{Br} = \frac{W_{Br}}{t} = \frac{200000}{3/33} = -60060w \div 1000 = -60k_w$

$W_{Br} = ?J$

$P_{Br} = ?kw$

روش دوم

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

$$P = F\times\overline{V} = -6000\times 10 = 60000W = -60kw$$

کار کلاسی

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

تمرین

۱ خودرویی با جرم ۸۰۰kg و سرعت ۱۰۸km/h در حال حرکت است. ناگهان ترمز می‌کند. اگر مسافت ترمزگیری ۶۰ m باشد و خودرو متوقف شود. حساب کنید:

الف) شتاب ترمز برحسب m/s^2 — $a = ۷/۵\ m/s^2$

ب) کار ترمز برحسب J — $w_{Br} = ۳۶۰۰۰۰\ t$

ج) توان ترمز برحسب kw — $P_{Br} = ۹۰kw$

د) کل نیروی ترمزگیری برحسب نیوتن — $F = ۶۰۰۰N$

۲ خودرویی با قدرت ترمز ۹۰kw با شتاب $۷m/s^2$ ترمز می‌کند. اگر زمان ترمزگیری ۴/۵ s باشد و خودرو متوقف شود حساب کنید:

الف) کار ترمز برحسب j — $w_{Br} = ۴۰۵۰۰۰J$

ب) سرعت اولیه اتومبیل برحسب km/h — $V_۰ = ۱۱۳/۴km/h$

ج) مسافت ترمزگیری برحسب m — $s = ۷۰/۸۷m$

د) نیروی ترمز برحسب N — $F = ۵۷۱۴N$

هـ) جرم خودرو برحسب kg — $m = ۸۱۶kg$

و) اگر نسبت وزنی چرخ جلو به عقب $\frac{٪۶۵}{٪۳۵}$ باشد جرم اکسل جلو و عقب را بیابید.

$m_f = ۵۳۰/۶\,kg$

$m_R = ۲۸۵/۴\ kg$

ز) چنانچه در طی ترمزگیری ۱۵٪ 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.

$m_f = ۶۵۲/۸kg$ $\quad F_f = ۴۵۷۳/۶N$

$m_R = ۱۶۳/۲kg$ $\quad F_R = ۱۱۴۳/۴N$

پژوهش کنید

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
۱ـ نیروی مقاوم در برابر چرخش تایرها با زمین	در جاده مسطح $F_{R.r} = k \times w$ در جاده شیب‌دار $F_{R.r} = k \times w \times \cos \alpha$ محاسبه $F_{R.r}$ برحسب سرعت خودرو $F_{R.r} = (a + bv) \times w$ $k = (a + bv)$ $a = ۰/۰۱۵$ و $b = ۰/۰۰۰۱۶$ a و b ضرایب ثابت و v بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشند	نوع و ماهیت جاده (خاکی، شنی، آسفالت) نوع تایر ـ وزن روی تایر ـ سرعت خودرو ـ فشار باد تایر ـ عمر تایر
۲ـ نیروهای مقاوم هوا در برخورد با سطح جلوی خودرو	$F_{ar} = ۰/۰۴۸ \times c_w \times A \times v'^2$ $v' = v \pm v_w$ $A = B \times H$	سطح پیشانی جلوی خودرو ـ ضریب مقاومت هوا ـ سرعت خودرو و سرعت باد
۳ـ 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	$F_R = F_{R.r} \pm F_{ar} \pm F_{sl}$	

فکر کنید

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

$F_{R.r}$ = نیروی مقاومت غلتشی تایر بر حسب N

K = ضریب مقاومت چرخشی تایر با زمین برای جاده خاکی $k = ۰/۰۵۹$ و برای جاده آسفالته $k = ۰/۰۱۵$

α = زاویه شیب جاده بر حسب درجه

w = وزن خودرو برحسب N

$F_{a.r}$ = نیروی مقاومت هوا بر حسب N

۰/۰۴۸ = ضریب تبدیل واحدها

C_w = ضریب مقاومت هوا

A = سطح پیشانی خودرو بر حسب m^2

V′ = برایند سرعت خودرو و سرعت باد بر حسب km/h

V = سرعت خودرو بر حسب km/h

V_w = سرعت باد بر حسب km/h
B = عرض جلوی خودرو برحسب m
H = ارتفاع جلوی خودرو بر حسب m
F_{sl} = نیروی مقاومت سطح شیب‌دار بر حسب N
ρ = درصد شیب جاده
F_R = 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 (Cw) برای خودروهای سواری قدیمی و جدید و ورزشی و کامیون‌ها و اتوبوس‌ها پژوهش کنید.
۳ ضریب ۰/۰۴۸ 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 $V_w = ۰$ است.

نکته

در روابط صفحه قبل اگر خودرو در جاده مسطح و بدون شیب حرکت کند $F_{sl} = ۰$ 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.

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

F_a = نیروی شتاب مثبت بر حسب N
m = جرم خودرو بر حسب kg
a = شتاب خودرو بر حسب m/s^2
g = شتاب جاذبه زمین m/s^2
z = نسبت شتاب خودرو به شتاب جاذبه (که معمولاً برحسب 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:

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

F_{pl} = نیروی محرک چرخ‌های محرک بر حسب N

توان چرخ‌های محرک

توانی که موتور برای نیروهای مقاومت 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 (η_T) سیستم انتقال قدرت در فرمول استفاده می‌شود.

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

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

P_{pl} = توان چرخ‌های محرک بر حسب kw

P_e = توان مفید موتور بر حسب کیلو وات kw

V_w = سرعت خودرو یا سرعت چرخ بر حسب m/s

η_T = راندمان سیستم انتقال قدرت

F_{pl}= 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 = گشتاور خروجی موتور برحسب N.m

M_{pl} = گشتاور چرخ‌های محرک برحسب N.m

r = شعاع دینامیکی چرخ بر حسب m

i_T = نسبت تبدیل کلی سیستم انتقال قدرت

مثال

خودرویی با سرعت ثابت ۱۰۸km/hr از جاده‌ای آسفالته با شیب ۱۸٪ بالا می‌رود. اگر باد با سرعت ۱۲km/hr در جهت مخالف حرکت خودرو بوزد و ضریب مقاومت هوا ۰/۰۶۷ و سطح پیشانی خودرو ۲m^2 و جرم آن ۱۰۰۰ Kg باشد. مطلوب است الف) نیروی مقاومت مسیر خودرو بر حسب N (درصد شیب را می‌توان تانژانت زاویه در نظر گرفت)

$V = ۱۰۸\ km/hr$ $\quad tg\theta = ۰/۱۸ \Rightarrow \theta = ۱۰/۲^\circ \Rightarrow \cos ۱۰/۲^\circ = ۰/۹۸۴$

$\rho = ٪۱۸$

آسفالت $k = ۰/۰۱۵$ $\quad W = m.g = ۱۰۰۰ \times ۱۰ = ۱۰۰۰۰N$

$V_w = ۱۲\ km/hr$ $\quad F_{R.r} = w \times k \times \cos\alpha = ۱۰۰۰۰ \times ۰/۰۱۵ \times ۰/۹۸ = ۱۴۷N$

$V' = V + V_w = ۱۰۸ + ۱۲ = ۱۲۰\ km/hr$

$A = ۲m^2$ $\quad F_{ar} = ۰/۰۴۸ \times C_w \times A \times V'^2 = ۰/۰۴۸ \times ۰/۰۶۷ \times ۲ \times ۱۲۰^2 = ۹۲/۶N$

$m = ۱۰۰۰kg$

$C_w = ۰/۰۶۷$ $\quad F_{SL} = w \times \rho = ۱۰۰۰۰ \times ۰/۱۸ = ۱۸۰۰N$

در زوایای تا ۱۰ درجه می‌توان $tg\theta = \sin\theta$ در نظر گرفت. بنابراین درصد شیب ۰/۱۸ را می‌توان مستقیم در فرمول جاگذاری کرد.

$g = ۱۰\ m/s^2$ $\quad F_R = F_{SL} + F_{R.r} + F_{ar} = ۱۸۰۰ + ۱۴۷ + ۹۲/۶ = ۲۰۳۹/۶N$

$F_R = ?$

ب) چنانچه خودرو بخواهد با شتاب ۲ m/s^2 سرعت خودرو را افزایش دهد نیروی محرکه چرخ‌ها چقدر باید باشد؟

$$F_a = m \times a \Rightarrow F_a = ۱۰۰۰ \times ۲ = ۲۰۰۰N$$
$$F_{pl} = F_R + F_a \Rightarrow F_{pl} = ۲۰۳۹/۶ + ۲۰۰۰ = ۴۰۳۹/۵N$$

ج) چنانچه شعاع چرخ ۰/۳۵m باشد و راندمان ونسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت به ترتیب ۰/۹۵ و ۴:۱ باشد توان موتور را به‌دست آورید.

روش اول:

$$M_{pl} = F_{pl}.r \Rightarrow M_{pl} = ۴۰۳۹/۵ \times ۰/۳۵ = ۱۴۱۳/۸ N.m$$

$$M_{pl} = M_m \times i_T \times \eta_T \Rightarrow M_m = \frac{M_{pl}}{i_T \times \eta_T} = \frac{۱۴۱۳/۸}{۴ \times ۰/۹۵} = ۳۷۲ N.m$$

$$V = \frac{D \times \pi \times n_{pl} \times ۳/۶}{۶۰} \Rightarrow n_{pl} = \frac{۱۰۸ \times ۶۰}{۰/۷ \times ۳/۱۴ \times ۳/۶} = ۸۱۸/۹ R.P.M$$

$n_m = n_{pl} \times i_T = ۸۱۸/۹ \times ۴ = ۳۲۷۵/۶$ R.P.M

$$P_e = \frac{M_m \times n_m}{۹۵۵۰} \Rightarrow P_e = \frac{۳۷۲ \times ۳۲۷۵/۶}{۹۵۵۰} = ۱۲۷/۶kw$$

روش دوم:

$$P_{pl} = F_{pl} \times V \Rightarrow P_{pl} = ۴۰۳۹/۵ \times \frac{۱۰۸}{۳/۶} = ۱۲۱۱۸۵ \div ۱۰۰۰ = ۱۲۱/۲kw$$

$$P_e = \frac{P_{pl}}{\eta_r} = \frac{۱۲۱/۲}{۰/۹۶} = ۱۲۷/۶kw$$

تمرین

۱ خودرویی با سرعت ثابت ۷۲km/hr به یک سرازیری ۱۵٪ می‌رسد. اگر در این موقعیت راننده خودرو در وضعیت دنده خلاص و مقادیر $C_w = ۰/۰۷$ و $V_w = ۰$ و $A = ۲/۵m^۲$ و $m = ۱۲۰۰kg$ و $k = ۰/۰۲$ و $\cos\theta \simeq ۱$ باشد محاسبه کنید:

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

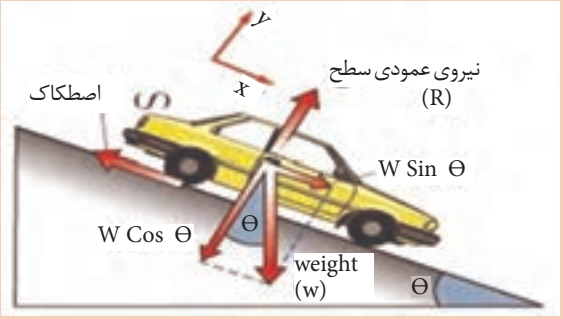
جواب $a = ۱/۲۶m/s^۲$ بر حسب $m/s^۲$

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

جواب $a = ۱/۰۹۵m/s^۲$

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

جواب $t = ۸s$



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

۲ خودرویی با دور موتور ۳۵۰۰R.P.M و توان تولیدی ۱۱۰kw در این دور در یک سربالایی ۱۶٪ در حال حرکت است. چنانچه مقادیر مانند تمرین قبل ($C_w = ۰/۰۷$ و $V_w = ۰$ و $A = ۲/۵m^۲$ و $m = ۱۲۰۰kg$ و $k = ۰/۰۲$ و $\cos\theta = ۱$) 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 به‌دست آورید؟

کار کلاسی

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

تمرین

تمرین پایانی ۱:

موتوری با بازده حرارتی ٪۲۸ و ارزش حرارتی سوخت $۴۵۰۰۰۰ \frac{kj}{h}$ 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 $۲۵^{\circ}c$ و سوخت ویژه موتور $۰/۲۵ \frac{kg}{kw.h}$ 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 $\frac{N}{cm^2}$ حساب کنید.

هـ) اگر جرم خودرو ۱۰۰۰kg و در جاده آسفالته بدون شیب حرکت کند و سرعت باد صفر و سطح پیشانی خودرو $۲m^2$ و ضریب مقاومت هوا ۰/۰۶ باشد؛ چنانچه حرکت خودرو شتاب‌دار باشد مقدار شتاب را بیابید.

و) پس از چند ثانیه سرعت خودرو به $۱۳۰ \frac{km}{h}$ می‌رسد.

جواب $t = ۴/۸۲s$ ، جواب $a = ۲/۶۵ \frac{m}{s^2}$

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

تمرین

تمرین پایانی ۲:

خودرو با مشخصات تمرین ۱ با سرعت $۱۳۰ \frac{km}{h}$ ترمز می‌کند و متوقف می‌شود.

الف) انرژی جنبشی خودرو که در اثر ترمز کردن به گرما تبدیل می‌شود را برحسب kj حساب کنید.

جواب $W = ۶۵۲kj$

ب) اگر شتاب ترمز $۶ \frac{m}{s^2}$ باشد راه ترمز و توان ترمز را بیابید.

جواب $P_{Br} = ۱۰۸/۶۶kw$ جواب $t = ۶s$ جواب $s = ۱۰۸/۶۶m$

ج) چنانچه نسبت نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب $\frac{۷۰}{۳۰}$ باشد، نیروی ترمزی چرخ‌های جلو و عقب را حساب کنید.

جواب $F_{Bf} = ۱۸۰۰/۷$ جواب $F_{Br} = ۴۲۰۰/۷$

د) چنانچه نسبت وزنی چرخ‌های جلو و عقب در حالت ترمز $\frac{۶۵}{۳۵}$ باشد و ضریب اصطکاک بین لنت ترمز و کاسه چرخ و دیسک ۰/۸ و همچنین ضریب اصطکاک بین چرخ و جاده ۰/۸ باشد، شعاع کاسه ترمز عقب و دیسک جلو چقدر باشد تا ترمز حالت ایدئال داشته باشد؟

جواب $R_f = ۴۶۱mm$ $R_r = ۲۹۸mm$

پژوهش کنید

فرمول محاسبه گشتاور اصطکاک چرخ و ترمز را پژوهش کنید.

نکته

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

پودمان سوم: محاسبات کاربردی در خودرو

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