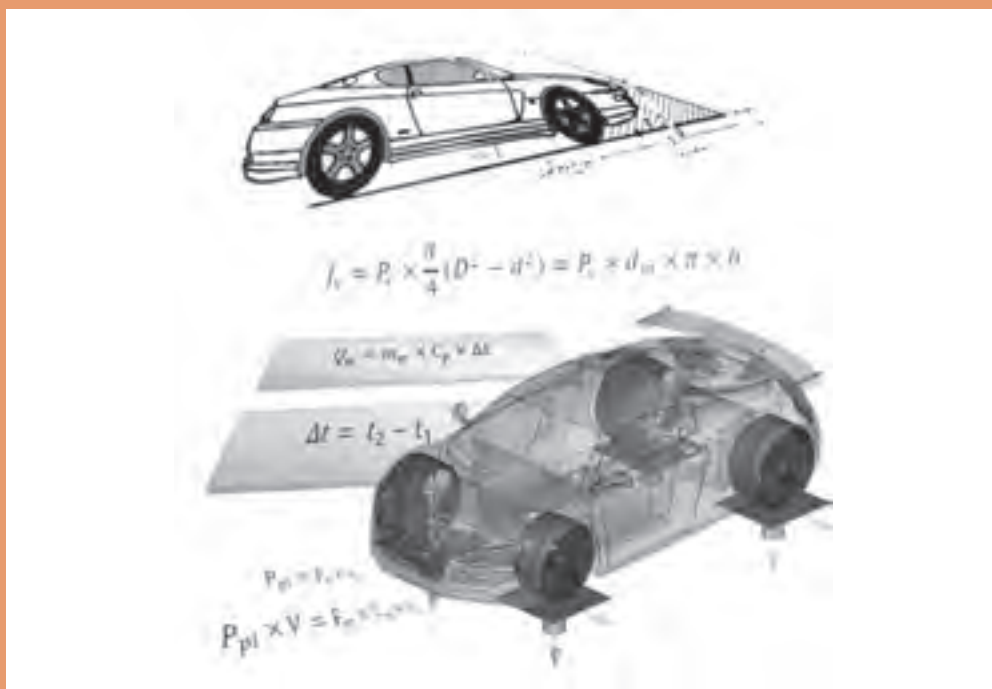


پودمان ۳

محاسبات کاربردی در خودرو



آیا می دانید چرا، نمی توان هر رینگی را روی هرنوع خودرو سواری استفاده کرد؟

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 فصل به محاسبات پایه موتور و سیستم راه‌انداز کلاچ و نیروهای مقاوم در برابر حرکت خودرو پرداخته می‌شود.

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 RPM با قدرت مفید 72 KW چند نیوتن متر است؟
الف) 720 (ب) 265 (ج) 350 (د) 420
- ۲ گشتاور میل لنگ که دارای شعاع لنگ میل لنگ 50 میلی متر و نیروی وارد بر پیستون آن 2000 نیوتن است چقدر $N.M$ می باشد؟
الف) 100000 (ب) 30000 (ج) 200000 (د) 400000
- ۳ کار پیستونی که دارای سطح 70 سانتی متر مربع و کورس آن 8 سانتی متر و دارای فشار متوسط احتراق 75 نیوتن بر سانتی متر مربع چند ژول است؟
الف) 420 (ب) 560 (ج) 5250 (د) 600
- ۴ موتوری دارای قطر سیلندر 80 mm و کورس پیستون 70 mm دارای حجم تراکم سیلندر 50 cm^3 می باشد نسبت تراکم آن را حساب کنید؟
الف) $10:1$ (ب) $11:1$ (ج) $9:1$ (د) $8:1$
- ۵ با تراش سرسیلندر موتوری در یک تعمیر نسبت تراکم آن از $10:1$ به $10/2:1$ تغییر کرده است اگر کورس پیستون آن 80 mm باشد مقدار تراش سرسیلندر را حساب کنید؟
الف) $0/125$ (ب) $0/193$ (ج) $0/135$ (د) $0/189$

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. محاسبه کل حرارت حاصل از احتراق

$$Q = m \times CV$$

Q = کل حرارت حاصل از احتراق بر حسب KJ
 m = جرم سوخت مصرفی در واحد زمان بر حسب Kg
 CV = ارزش حرارتی سوخت KJ/Kg

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

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

فکر کنید

به نظر شما تفاوت در واحد kg/lit با مقدار عددی یکسان با واحد kg/m^3 و gr/cm^3 در چیست؟



نکته

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



در جدول زیر چند نوع سوخت همراه با مشخصات دیگر نشان داده شده است.

مشخصات بعضی از انواع سوخت ها

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

پژوهش کنید

انواع کمیت های ارزش حرارتی سوخت را بیابید.



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 10 kg سوخت با ارزش حرارتی 43500 kJ/kg مصرف می کند حساب کنید:
الف) کل حرارت حاصل از احتراق بر حسب kJ .
ب) اگر چگالی نسبی سوخت 0.75 kg/lit باشد حجم سوخت مصرفی را بر حسب lit بیابید.
پاسخ:



$$m = 10 \text{ kg} \quad Q = m \times CV$$

$$CV = 43500 \text{ kJ/kg} \quad Q = 10 \times 43500 = 435000 \text{ kJ}$$

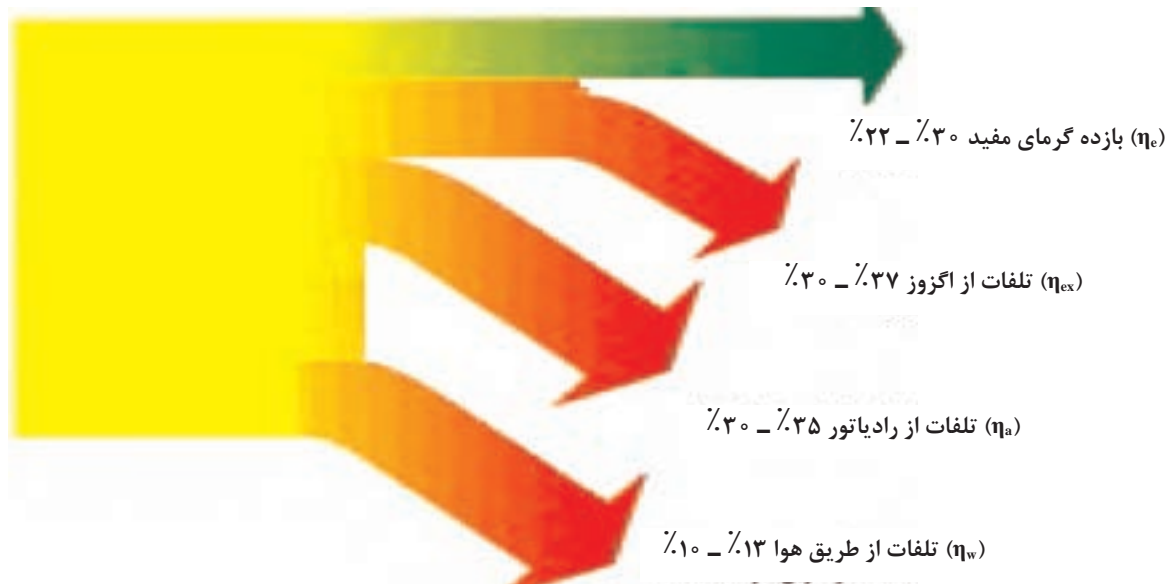
$$Q = ?$$

$$\rho = 0.75 \text{ kg/lit} \quad \rho = \frac{m}{v} \quad v = \frac{m}{\rho} = \frac{10}{0.75} = 13.33 \text{ lit}$$

$$v = ?$$

محاسبه مقدار گرمای مفید و تلف شده

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



نمودار انرژی‌های حاصل از 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 نمود و ضریب یا درصد گرمای مورد نظر را در مقدار گرمای کل ضرب کرد.

$$\begin{aligned} Q_e &= Q \times \eta_e = m \times CV \times \eta_e = V \times p \times CV \times \eta_e \\ Q_w &= Q \times \eta_w = m \times CV \times \eta_w = V \times p \times CV \times \eta_w \\ Q_{ex} &= Q \times \eta_{ex} = m \times CV \times \eta_{ex} = V \times p \times CV \times \eta_{ex} \\ Q_a &= Q \times \eta_a = m \times CV \times \eta_a = V \times p \times CV \times \eta_a \end{aligned}$$



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

روش اول:

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

$$\eta_e = 28\%$$

$$\eta_a = 10\%$$

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

$$Q_e = ?$$

$$Q_a = ?$$

$$Q_{ex} = ?$$

$$Q_w = ?$$

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

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

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

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

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

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

$$Q_w = Q - (Q_e + Q_a + Q_{ex})$$

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

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

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

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

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

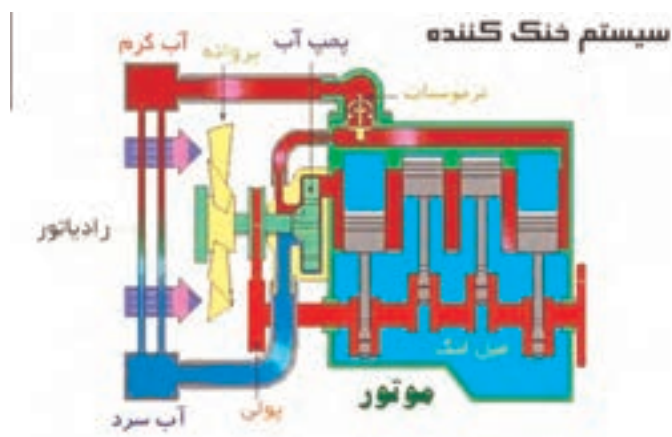
روش دوم:

تمرین

اگر موتوری با ارزش حرارتی سوخت مصرفی 42000 KJ/kg و کل حرارت تولید شده مفید آن 75000 kJ و سوخت مصرفی آن 6 Kg باشد، حرارت اتلاف شده را برحسب درصد به دست آورید؟

جواب $\eta' = 70\%$

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 که گرمای منتقل شده به آب باعث افزایش دمای آب شده و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

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

$$\Delta t = t_r - t_1$$

Q_w = مقدار گرمای منتقل شده به آب بر حسب KJ

m_w = جرم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای Q_w به سیستم خنک کاری بر حسب Kg

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

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

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

t_1 = درجه حرارت آب ورودی از رادیاتور به موتور $^{\circ}C$

محاسبه جرم و حجم آب سیستم خنک کاری موتور

$$m_w = V_w \times \rho_w$$

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p \times \Delta t}$$

$$V_w \times \rho_w = \frac{Q_w}{C_p \times \Delta t} \Rightarrow V_w = \frac{Q_w}{\rho_w \times C_p \times \Delta t}$$

$$V_w = n \times \bar{V}$$

$$\bar{V} = \frac{V_w}{n} \Rightarrow \bar{V} = \frac{Q_w}{n \times \rho_w \times C_p \times \Delta t}$$

V_w = حجم آب مورد نیاز برای انتقال گرمای Q_w (lit/min)

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

n = تعداد دور آب در گردش R.p.m

ρ_w = جرم حجمی آب بر حسب Kg/lit

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

تذکر

گرمای منتقل شده در واحد زمان را با \dot{Q} نمایش می‌دهند و جرم آب جابه‌جا شده در واحد زمان را \dot{m} نمایش می‌دهند.





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

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

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

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

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

$$\dot{Q}_w = ? \text{ kJ/min} \quad n = \frac{V_w}{V} = \frac{11}{6} = 1.83 \text{ R.p.m}$$

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

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

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



۱) مصرف سوخت اتومبیلی ۷ لیتر بر ساعت، ارزش حرارتی سوخت ۴۱۰۰۰ کیلوژول بر کیلوگرم با جرم حجمی 0.78 g/cm^3 بر سانتی متر مکعب، درصد حرارت های تلف شده به ترتیب (توسط آگزوز ۳۵٪ توسط آب ۳۲٪ و از طریق انتشار به هوا ۷٪ باشد) حساب کنید.

الف) حرارت تلف شده توسط آگزوز بر حسب کیلوژول

ب) کل حرارت تلف شده بر حسب کیلوژول

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

۲) موتوری با حجم آب موتور و رادیاتور ۸ Lit، حرارت منتقل شده به سیستم خنک کاری ۳۰٪، مصرف سوخت موتور ۱۲ Lit با ارزش حرارتی 36000 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؟

$$\text{جواب } n = 4/2 \text{ R.p.m} \quad \rho_w = 1 \frac{\text{kg}}{\text{Lit}}, Cp = 4/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

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 از طریق آب ۳۰٪ می‌باشد. اگر تغییر درجه حرارت آب ۲۰ درجه کلوین باشد حساب کنید:
الف) حجم آب جابه‌جا شده بر حسب لیتر بر ساعت
ب) حرارت مفید حاصل از احتراق بر حسب کیلوژول

$$Cp = 4/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, \quad \rho_w = 1 \frac{\text{gr}}{\text{Lit}}$$

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

۴ مشخصات حرارتی موتوری به شرح زیر است:

کل حرارت تولیدی 500000 KJ درصد اتلاف حرارت سیستم خنک‌کاری ۳۰٪، تقلیل دمای آب رادیاتور 15°C و مقدار گردش آب 475 R.P.h . مطلوب است: حجم آب موجود در سیستم خنک‌کاری بر حسب Lit؟

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

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 می‌گویند و با P_i نمایش می‌دهند.

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

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

P_i : توان اندیکاتوری (داخلی) موتور بر حسب kw

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

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 η_m نمایش می‌دهند.

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

P_e : توان مفید موتور بر حسب kw

η_m : راندمان مکانیکی موتور بر حسب درصد

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

اگر توان مفید موتوری ۵۰kw و بازده حرارتی آن ۲۷٪، بازده مکانیکی ۹۰٪ باشد و سوخت مصرفی این موتور بنزین مخصوص با جرم حجمی 0.75 gr/cm^3 و ارزش حرارتی سوخت 42700 kJ/kg در نظر گرفته شود، حجم سوخت مصرفی این موتور در هر ساعت چند لیتر است؟

مثال



$$P_e = 50 \text{ kw}$$

$$P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{50}{0.9} = 55.56 \text{ kw}$$

$$\eta_e = 27\%$$

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

$$\eta_m = 90\%$$

$$55.56 / 5 = \dot{m} \times 42700 \times 0.27 \Rightarrow \dot{m} = 0.0048 \text{ kg/s}$$

$$C_v = 42700 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 0.0048 \times 3600 = 17.28 \text{ kg/h}$$

$$\rho = 0.75 \text{ gr/cm}^3$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{17.28}{0.75} = 23 \text{ lit/h}$$

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

حرارت مفید موتور چهار زمانه چهارسیلندری ۷۵۰۰۰kj می‌باشد. اگر بازده حرارتی موتور ۲۵٪، بازده مکانیکی موتور ۹۰٪، ارزش حرارتی سوخت آن 43500 kJ/kg و جرم حجمی سوخت آن 0.72 gr/cm^3 باشد، سوخت مصرفی موتور را بر حسب lit حساب کنید.

تمرین



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 kg/kw.hr

\dot{m} : جرم سوخت مصرفی بر حسب kg/hr

P_e : توان مفید موتور بر حسب kw

مثال



موتوری با توان مفید 60 kw در هر ساعت 12 لیتر سوخت با جرم حجمی 0.75 kg/l مصرف می کند. مصرف ویژه سوخت این موتور چند kg/kw.hr می باشد.

$$P_e = 60 \text{ kw}$$

$$\dot{m} = \dot{V} \times \rho$$

$$\dot{V} = 12 \text{ Lit / hr}$$

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

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

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

تمرین



گشتاور موتوری در دور ثابت 1790 دور در دقیقه 220 N.m است. اگر بازده حرارتی مفید موتور 26% ، ارزش حرارتی سوخت 46200 kJ/kg ، جرم حجمی 0.75 gr/cm^3 و راندمان مکانیکی موتور 90% باشد حساب کنید.

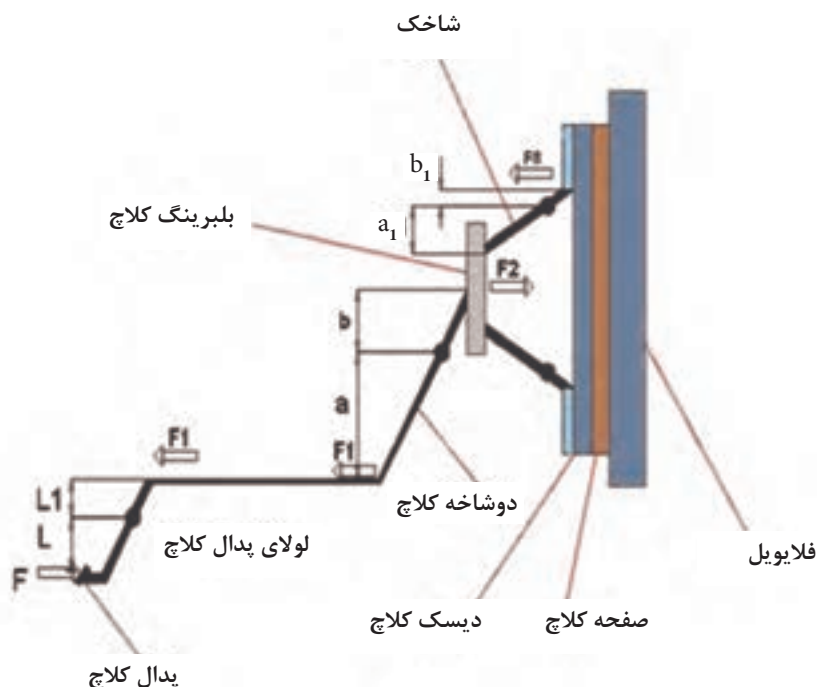
الف) حرارت مفید موتور بر حسب kJ/s یا kw

ب) مصرف سوخت ویژه موتور بر حسب kg/kw.hr

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 از فرمول 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:

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

و یا

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

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

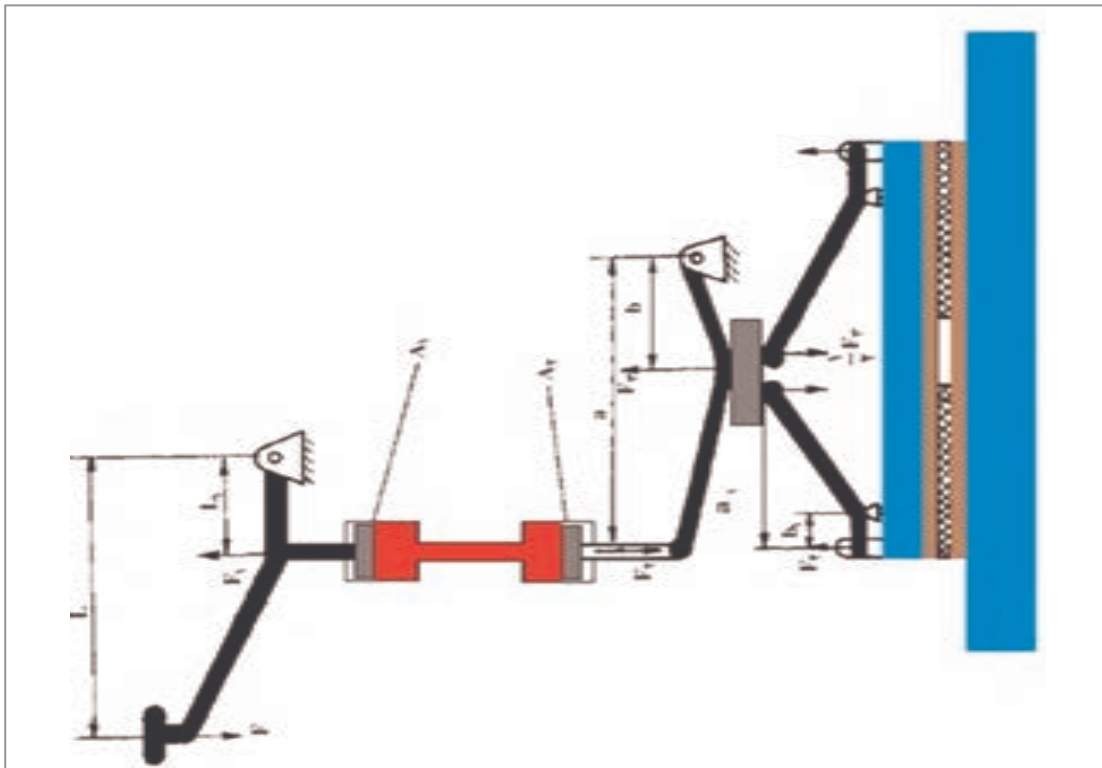


در یک سیستم کلاچ از نوع مکانیکی اگر نیروی اعمال شده به پدال کلاچ 45 N ، طول پدال تا تکیه‌گاه آن $L = 25 \text{ cm}$ ، طول تکیه‌گاه پدال تا محل اتصال سیم کلاچ $L_1 = 8 \text{ cm}$ ، فاصله دو شاخه کلاچ تا تکیه‌گاه $a = 15 \text{ cm}$ و فاصله تکیه‌گاه دو شاخه کلاچ تا بلبرینگ کلاچ $b = 12 \text{ cm}$ باشد،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

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

نیروی سیستم هیدرولیکی با توجه به قانون پاسکال

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

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

d_2 = قطر پیستون پمپ پایین بر حسب سانتی متر

نیروی آزادسازی دیسک و صفحه کلاچ

$$F_2 = F \times \frac{L}{L_1} \times \frac{d_2^2}{d_1^2} \times \frac{a}{b} \times \frac{a_1}{b_1}$$

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.





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 45N 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 50N و فاصله پدال تا تکیه‌گاه $(L=30\text{cm})$ ، فاصله تکیه‌گاه تا پیستون پمپ بالا $(L_1=10\text{cm})$ ، قطر پیستون پمپ بالا $d_1=2\text{cm}$ ، قطر پیستون پمپ پایین $(d_2=5\text{cm})$ ، فاصله نقطه اثر نیرو بر تکیه‌گاه دو شاخه کلاچ $(a=10\text{cm})$ ، فاصله مرکز لولا تا بلبرینگ کلاچ $(b=5/5\text{cm})$ و ابعاد اهرم شاخک دیسک کلاچ $a_1=6\text{cm}$ و $b_1=1\text{cm}$ باشد، حساب کنید:

۱ نیروی وارد به دیسک کلاچ برای آزادسازی صفحه کلاچ بر حسب (N)

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





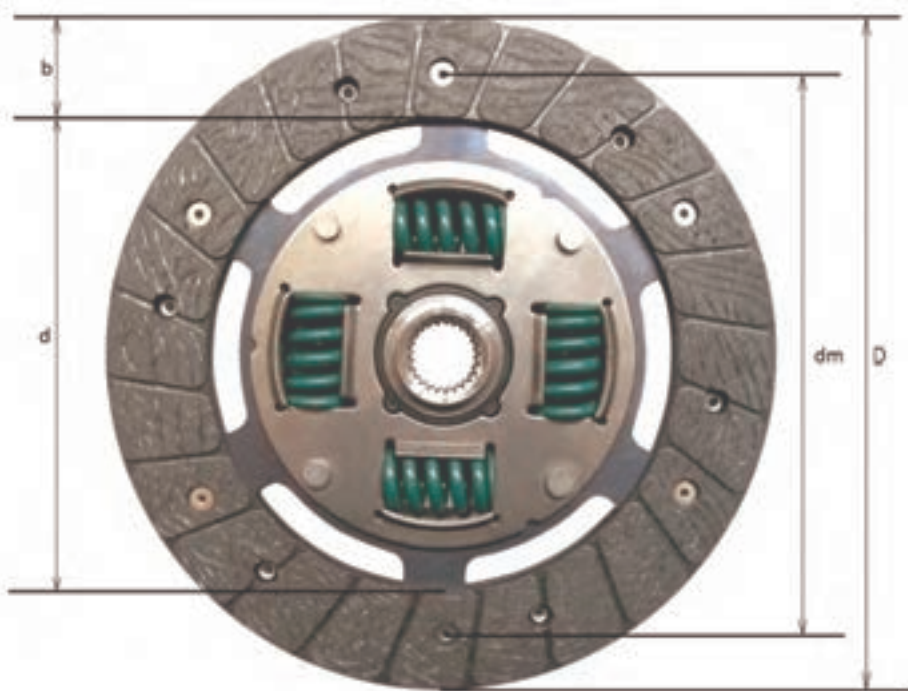
در دیسک‌های قدیمی شاخکی نیروی فشاری دیسک به چه صورت محاسبه می‌گردد.

محاسبه فشار دیسک بر روی صفحه کلاچ (P_c): سطح لنت کلاچ چون به شکل تاج دایره می‌باشد 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)

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.

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

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

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

$$P_c = ?$$

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

$$P_c = \frac{f_c}{A} = \frac{1600}{145/3} = 11 \text{ N/cm}^2$$

مثال



قطر متوسط لنت در یک سیستم کلاچ ۱۸۰mm و قطر بزرگ آن ۲۰۰mm و فشار مؤثر بر سطح لنت ۱/۵ bar می باشد. مقدار نیروی فشاری دیسک را حساب کنید.

تمرین



نیروی اصطکاکی کلاچ: برای محاسبه نیروی اصطکاکی بین صفحه کلاچ و دیسک و فلاپویل می توان 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

μ = ضریب اصطکاک بین صفحه کلاچ و فلاپویل

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

$$M_f = F_f \times R_m$$

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

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

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

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

$$K = 1$$

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

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

$$F_f = 3360 \text{ N}$$

$$A = d_m \times \pi \times b$$

$$\mu = 0.6$$

$$P_c = ?$$

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

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

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

$$R_m = \frac{d_m}{2} = \frac{21}{2} = 10.5 \div 1000 = 0.0105 \text{ m}$$

$$M_f = F_f \times R_m = 3360 \times 0.0105 = 352.8 \text{ N.m}$$

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

فکر کنید



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 می‌باشد.

تمرین



الف) حداقل فشار وارد بر لنت را برحسب N/cm^2 به دست آورید.
 ب) اگر حداکثر گشتاور اصطکاکی قابل انتقال کلاچ $240 N.m$ باشد ظرفیت گشتاور انتقالی کلاچ نسبت به موتور را حساب کنید.
 ۲) در یک سیستم کلاچ ۲ صفحه‌ای ضریب اصطکاک بین لنت و دیسک 0.6 ، نیروی اصطکاکی کلاچ $72000 N$ ، قطر کوچک لنت $150 mm$ و قطر متوسط آن $220 mm$ می‌باشد.
 الف) فشار وارد بر لنت را برحسب بار به دست آورید.
 ب) ماکزیمم گشتاور قابل انتقال کلاچ را برحسب $N.m$ به دست آورید.

محاسبه سرعت خودرو: سرعت اتومبیل را صرف نظر از لغزش تایر می‌توان با سرعت محیطی یا سرعت خطی تایر برابر دانست و از رابطه زیر محاسبه کرد.
 n_{pl} برحسب دور بر ثانیه (R.P.S)

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

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

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

$V =$ سرعت خودرو برحسب m/s

$D_s =$ قطر استاتیکی تایر برحسب m

$D_D =$ قطر دینامیکی تایر برحسب m

$n_{PL} =$ دور چرخ برحسب R.P.M یا R.P.S

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



شکل ۵- ابعاد تایر

نکته



D_s قطر تایر در حالت بدون بار می‌باشد در حالی که هنگامی که تایر تحت 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.

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

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 فاق تایر بر حسب m

بر 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 مشخصات تایر به این شکل حک می‌شد 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 R۱۴-۱۸۵/۶۵-۱۸۵ داده می‌شود که به شکل زیر محاسبه می‌شود.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

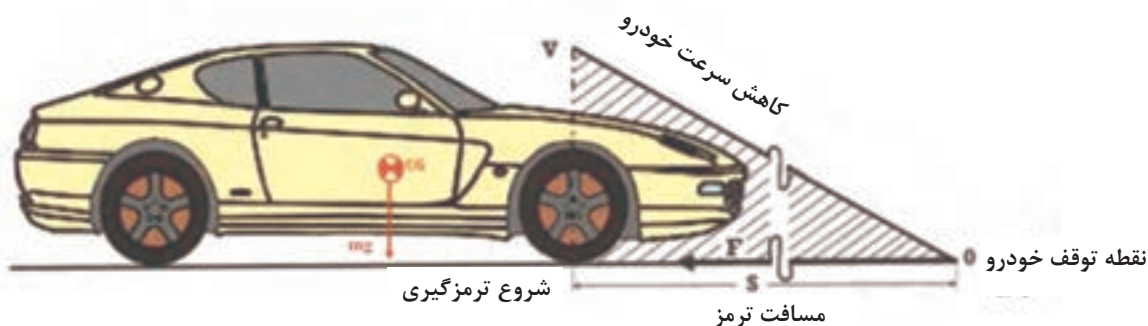
۱ یک خودرو با دور موتور ۳۵۰ R.P.m در حال حرکت است. نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳/۱:۵ باشد. و اندازه تایر آن (۱۶۵/۶۵ R۱۳) باشد و قطر دینامیکی تایر ۹۰٪ قطر اسمی آن باشد، سرعت اتومبیل را بر حسب km/h حساب کنید.

۲ خودرویی با سرعت ۱۲۰ km/hr و دور موتور ۳۳۰ R.P.M در حال حرکت است چنانچه نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت ۳/۲:۱ و ابعاد چرخ R۱۴ ۱۷۵/۷۰ باشد نسبت قطر دینامیکی به استاتیکی تایر را به دست آورید.

تمرین



محاسبه مسافت ترمز



شکل ۶- مسافت ترمزگیری

به مسافتی که خودرو از لحظه مشاهده مانع یا خطر توسط راننده تا توقف کامل طی می کند مسافت ترمز گفته می شود. که این مسافت در طی پنج مرحله انجام می گیرد.

زمان عکس العمل 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 این نوع حرکت در طی زمانهای ذکر شده حرکت شتاب دار با شتاب منفی می باشد بنابراین از فرمولهای حرکت شتاب دار زیر قابل محاسبه است. جهت سادگی محاسبات از جدول بالا دو زمان عکس العمل راننده و کل زمان فرایند ترمزگیری تا توقف کامل استفاده می شود.

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

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

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

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

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

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 عکس العمل راننده را یکنواخت در نظر می گیریم. مسافت پیموده شده در این حالت با فرمول زیر محاسبه می شود.

$$S_R = v_0 \times t_R$$

$$S_T = S + S_R$$

t_R = زمان عکس العمل راننده بر حسب s

S_R = مسافت پیموده شده در زمان عکس العمل راننده بر حسب m

S_T = مسافت کل پیموده شده (عکس العمل راننده و مسافت کل ترمزگیری) بر حسب m

مثال



خودرویی با سرعت 120 km/h در حرکت است و ناگهان با شتاب 5 m/s^2 ترمز می‌کند. اگر کل فاصله طی شده تا توقف خودرو 130 m باشد. الف) مسافت طی شده در زمان عکس‌العمل راننده چند متر است ب) کل زمان طی شده تا توقف کامل چند ثانیه است؟

$$V = 0$$

$$V = 120 \text{ km/h} \quad V = 120 \div 3.6 = 33.33 \text{ m/s}$$

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

$$S_T = 130 \text{ m} \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (33.33)^2}{2 \times (-5)} = 111 \text{ m}$$

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

روش دوم

$$t = \frac{v - v_0}{a} = t = \frac{0 - 33.33}{-5} = 6.66 \text{ s}$$

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

$$s = \frac{1}{2} \times (-5) \times 6.66^2 + (33.33 \times 6.66) = 111 \text{ m}$$

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

$$S_R = v_0 \times t_R \Rightarrow t_R = \frac{19}{33.33} = 0.57 \text{ s} \quad (\text{ب})$$

$$t_T = t + t_R \Rightarrow t_T = 6.66 + 0.57 = 7.23 \text{ s}$$

۱) خودرویی با سرعت 108 km/hr حرکت می‌کند. اگر زمان عکس‌العمل راننده 0.4 ثانیه باشد و طی زمان ترمزگیری سرعت خودرو به 36 km/hr برسد حساب کنید:

الف) شتاب ترمز بر حسب m/s^2

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

۲) خودرویی با سرعت 72 km/h در حال حرکت است در این حالت مانعی سر راه ظاهر می‌شود و راننده ترمز می‌کند. اگر زمان عکس‌العمل 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 عکس‌العمل و ترمزگیری بر حسب m

ب) شتاب ترمز بر حسب m/s^2 .

ج) کل زمان ترمز از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل بر حسب s

تمرین



محاسبه کار ترمز: نیروی اصطکاکی ایجاد شده توسط ترمز چرخ‌ها در مسافت پیموده شده خودرو طی 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 نمود.

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

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

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

$$m = \text{جرم اتومبیل kg}$$

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

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 عمل ترمز 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:

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

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

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

مثال



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

الف) خط ترمز برحسب متر

ب) نیروی ترمز برحسب نیوتن

ج) کار ترمز برحسب ژول

د) توان ترمز برحسب کیلووات

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

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

$$V = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

روش دوم

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

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

کار کلاسی





۱ خودرویی با جرم 800 kg و سرعت 90 km/h در حال حرکت است. ناگهان ترمز می‌کند. اگر مسافت ترمزگیری 60 m باشد و خودرو متوقف شود. حساب کنید:

الف) شتاب ترمز بر حسب m/s^2

ب) کار ترمز بر حسب J

ج) توان ترمز بر حسب kW

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

الف) کار ترمز بر حسب J

ب) سرعت اولیه اتومبیل بر حسب km/h

ج) مسافت ترمزگیری بر حسب m

د) نیروی ترمز بر حسب N

ه) جرم خودرو بر حسب kg

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

عوامل مؤثر در میزان نیروهای مقاوم	فرمول و روابط محاسبه نیروهای مقاوم	نام نیروهای مقاوم
<p>نوع و ماهیت جاده (خاکی، شنی، آسفالت)</p> <p>نوع تایر - وزن روی تایر - سرعت خودرو - فشار باد تایر - عمر تایر</p>	<p>در جاده مسطح</p> $F_{R,r} = k \times w$ <p>در جاده شیب‌دار</p> $F_{R,r} = k \times w \times \cos \alpha$ <p>محاسبه $F_{R,r}$ بر حسب سرعت خودرو</p> $k = (a + bv)$ $F_{R,r} = (a + bv) \times w$ <p>$a = 0.015$ و $b = 0.00016$</p> <p>a و b ضرایب ثابت و v بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشند</p>	<p>۱- نیروی مقاوم در برابر چرخش تایرها با زمین</p>
<p>سطح پیشانی جلو خودرو - ضریب مقاومت هوا - سرعت خودرو و سرعت باد</p>	$F_{ar} = 0.48 \times c_w \times A \times v'^2$ $v' = v \pm v_w$ $A = B \times H$	<p>۲- نیروهای مقاوم هوا در برخورد با سطح جلوی خودرو</p>
<p>افزایش وزن خودرو</p> <p>افزایش درصد شیب</p>	$F_{Sl} = w \times \sin \alpha$ <p>در زوایای کوچک کمتر از 10° درجه می‌توان درصد شیب را در نظر بگیریم</p> $F_{Sl} = w \times \rho$	<p>۳- چنانچه خودرو در سطح شیب‌دار باشد نیروی مقاوم شیب</p>
	$F_R = F_{R,r} \pm F_{ar} \pm F_{Sl}$	<p>مجموع نیروهای مقاوم</p>

فکر کنید



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

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

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

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

$$w = \text{وزن خودرو بر حسب } N$$

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

$$0/048 = \text{ضریب تبدیل واحدها}$$

$$C_w = \text{ضریب مقاومت هوا}$$

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

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

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

$$V_w = \text{سرعت باد بر حسب } km/h$$

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

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

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

$$\rho = \text{درصد شیب جاده}$$

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

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.

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.

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 = نیروی شتاب مثبت بر حسب N

m = جرم خودرو بر حسب kg

a = شتاب خودرو بر حسب $\frac{m}{s^2}$

g = شتاب جاذبه زمین $\frac{m}{s^2}$

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 محرکه چرخ‌های محرک بیشتر از نیروی مقاوم در برابر حرکت است که نیروی محرکه 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 محرکه چرخ‌های محرک بر حسب N

توان چرخ‌های محرک

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

$$P_m = P_{pl}$$

در صورت محاسبه تلفات سیستم انتقال قدرت از راندمان (η_T) سیستم انتقال قدرت در فرمول استفاده می‌شود.

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

$$P_{pl} \times V = F_m \times V_m \times \eta_T$$

P_{pl} = توان چرخ‌های محرک بر حسب W

P_e = توان مفید موتور بر حسب کیلو وات kW

V = سرعت خودرو بر حسب $\frac{m}{s}$

η_T = راندمان سیستم انتقال قدرت

F_m = نیروی محرکه موتور بر حسب N

V_m = سرعت موتور بر حسب $\frac{m}{s}$

نیروی محرکه چرخ‌های محرک از روش دیگری نیز محاسبه می‌شود.

$$F_{pl} = \frac{M_{pl}}{r} \Rightarrow M_{pl} = F_{pl} \times r$$

از طرفی $M_{pl} = M_m \times i_T \times \eta_T$

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

M_m = گشتاور خروجی موتور بر حسب N.m

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

r = شعاع چرخ بر حسب m

i_T = نسبت تبدیل کلی سیستم انتقال قدرت

مثال



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

$V = 108 \text{ km/hr}$ $\text{tg}\theta = 0/18 \Rightarrow \theta = 10/3^\circ \Rightarrow \cos 10/3^\circ = 0/984$

$\rho = 0/18$

ک آسفالت $k = 0/015$ $W = m \cdot g = 1000 \times 10 = 10000 \text{ N}$

$V_w = 12 \text{ km/hr}$ $F_{Rr} = W \times k \times \cos \alpha = 10000 \times 0/015 \times 0/984 = 147 \text{ N}$

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

$A = 2 \text{ m}^2$ $F_{ar} = 0/048 \times C_w \times A \times V'^2 = 0/048 \times 0/067 \times 2 \times 120^2 = 92/6 \text{ N}$

$m = 1000 \text{ kg}$

$C_w = 0/067$ $F_{SL} = W \times \rho = 10000 \times 0/18 = 1800 \text{ N}$

در زوایای کوچک می‌توان $\text{tg}\theta = \sin\theta$ در نظر گرفت.

$g = 10 \text{ m/s}^2$ $F_R = F_{SL} + F_{Rr} + F_{ar} = 1800 + 147 + 92/6 = 2039/6 \text{ N}$

$F_R = ?$

ب) چنانچه خودرو بخواهد با شتاب 2 m/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 ۰/۳۵m باشد و راندمان و نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت به ترتیب ۰/۹۵ و ۴:۱ باشد توان موتور را به دست آورید.

$$F_{pl} = \frac{M_{pl}}{r} \Rightarrow M_{pl} = 4039/5 \times 0/35 = 1413/8 \text{ N.m} \quad \text{روش اول:}$$

$$M_{pl} = M_m \times i_T \times \eta_T \Rightarrow M_m = \frac{M_{pl}}{i_T \times \eta_T} = \frac{1413/8}{4 \times 0/95} = 372 \text{ N.m}$$

$$V = \frac{D \times \pi \times n_{pl} \times 3/6}{60} \Rightarrow n_{pl} = \frac{108 \times 60}{0/7 \times 3/14 \times 3/6} = 818/9 \text{ R.P.M}$$

$$n_m = n_{pl} \times i_T = 818/9 \times 4 = 3275/6 \text{ R.P.M}$$

$$P_e = \frac{M_m \times n_m}{9550} \Rightarrow P_e = \frac{372 \times 3275/6}{9550} = 127/6 \text{ K}_w$$

روش دوم:

$$P_{pl} = F_{pl} \times V \Rightarrow P_{pl} = 4039/5 \times \frac{108}{3/6} = 121185 \div 10000 = 121/2 \text{ k}_w$$

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

تمرین



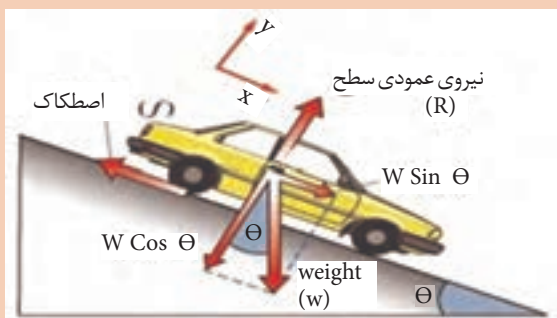
۱) خودرویی با سرعت ثابت ۷۲ km/hr به یک سرازیری ۱۵٪ می‌رسد اگر خودرو در وضعیت خلاص و مقادیر $C_w = 0/07$ و $V_w = 0$ و $A = 2/5 \text{ m}^2$ و $m = 1200 \text{ kg}$ و $k = 0/02$ و $\cos \theta \approx 1$ باشد محاسبه کنید:

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

بر حسب $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

ب) اگر نیروی مقاوم غلتشی تایر را بر حسب سرعت در نظر گرفته شود. شتاب افزایشنده وقتی که به سرعت

۱۰۸ km/hr می‌رسد چقدر خواهد بود؟



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

۲ خودرویی با دور موتور 3500 R.P.M و توان تولیدی 110 kW در این دور در یک سربالایی 16% 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 $4/5:1$ و راندمان سیستم انتقال قدرت 0.98 و شعاع تایر 0.34 m باشد شتاب در این لحظه را به دست آورید؟



شکل ۸- نیروهای وارد بر خودرو در سطح شیب‌دار (سرازیری)

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

کار کلاسی



تمرین



تمرین پایانی ۱:

موتوری با بازده حرارتی 28% و ارزش حرارتی سوخت 45000 kJ/kg کار می‌کند چنانچه سوخت ویژه موتور 25 gr/kw.h باشد و اختلاف درجه حرارت ورودی و خروجی رادیاتور 25°C باشد حساب کنید: الف) راندمان مکانیکی موتور را

جواب $\eta_m = 0.93$

ب) تعداد گردش آب سیستم خنک‌کننده را در یک ساعت

جواب $n = 182/8 \text{ R.P.h}$

ج) گشتاور موتور را در دور 3000 R.P.m

جواب $M_m = 238/75 \text{ N.m}$

د) اگر قطر بزرگ لنت کلاچ 25 cm و پهنای لنت 5 cm و ضریب اصطکاک لنت 0.6 باشد حداقل فشار وارد بر لنت کلاچ را برحسب N/cm^2 حساب کنید.

جواب $P_c = 9 \text{ N/cm}^2$

ذ) اگر نسبت تبدیل سیستم انتقال قدرت $3:1$ باشد سرعت خودرو را با مشخصات تایر $(14 - 185/65R)$

را در این وضعیت نسبت تبدیل و دور موتور محاسبه کنید. همچنین نیروی محرک چرخ‌ها را بیابید

جواب $F_{pL} = 2856/5N$ جواب $V = 84km/h$

ر) اگر جرم خودرو $1000kg$ و در جاده آسفالته بدون شیب حرکت کند و سرعت باد صفر و سطح پیشانی خودرو $2m^2$ و ضریب مقاومت هوا 0.06 باشد. چنانچه حرکت خودرو شتاب‌دار می‌باشد در این صورت مقدار شتاب را بیابید.

جواب $a = 2/65 \frac{m}{s^2}$

ز) پس از چند ثانیه سرعت خودرو به $130 \frac{km}{h}$ می‌رسد.

جواب $t = 4/82s$

تمرین



تمرین پایانی ۲:

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

جواب $W = 652kJ$

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

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

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

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

ج) 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 $R_f = 461mm$ جواب $R_r = 298mm$

پودمان سوم: محاسبات کاربردی در خودرو

شاخص	نمره شایستگی	استاندارد عملکرد	شایستگی
<p>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 به دست 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.</p>	۳	محاسبات کاربردی در خودرو را جهت سرویس یا عیب‌یابی و تعمیرات در خودرو به کار ببرد.	محاسبات مربوط به زنجیره قدرت (موتور و انتقال قدرت)
<p>معیار: انجام تمام موارد زیر محاسبات مربوط به حجم مصرف سوخت و سوخت ویژه را انجام دهد. محاسبات مربوط به حرارت 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 تأیر و مقاومت هوا را انجام دهد.</p>	۲		محاسبات مربوط به نیروهای مقاوم و محرک در خودرو
<p>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.</p>	۱		