فصل هفتم

ترمزها

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

۱ــ نیروی اصطکاک ترمز را محاسبه کند.

۲ــ گشتاور اصطکاکی ترمز را حساب کند.

۳ــ سرعت اتومبیل را اندازه‌گیری کند.

۴ــ خط ترمز را حساب کند.

۵ــ کار ترمز را تعیین کند.

۶ــ قدرت ترمز را مشخص کند.

۷ــ نیروی محرکه‌ی چرخ را محاسبه کند.

مقدمه

به‌طور کلی ترمز در وسایل نقلیه به‌منظور کاهش سرعت و یا متوقف کردن وسیله‌ی نقلیه به‌کار می‌رود. سیستم ترمز باید حساس، سبک و سریع عمل کند. برای جلوگیری از انحراف وسیله‌ی نقلیه هنگام ترمز، باید ترمز در یک زمان و متناسب با نیروی وارد بر چرخ‌ها اعمال شود.

در طراحی سیستم ترمز نکات زیر باید مورد توجه باشد.

ــ وزن مؤثر بر هر چرخ که مجموعاً وزن کل وسیله‌ی نقلیه است.

ــ نیروی حاصل از فشار روغن یا بوستر که به کفشک‌ها یا دیسک‌های ترمز اعمال می‌شود.

ــ جنس لنت‌ها

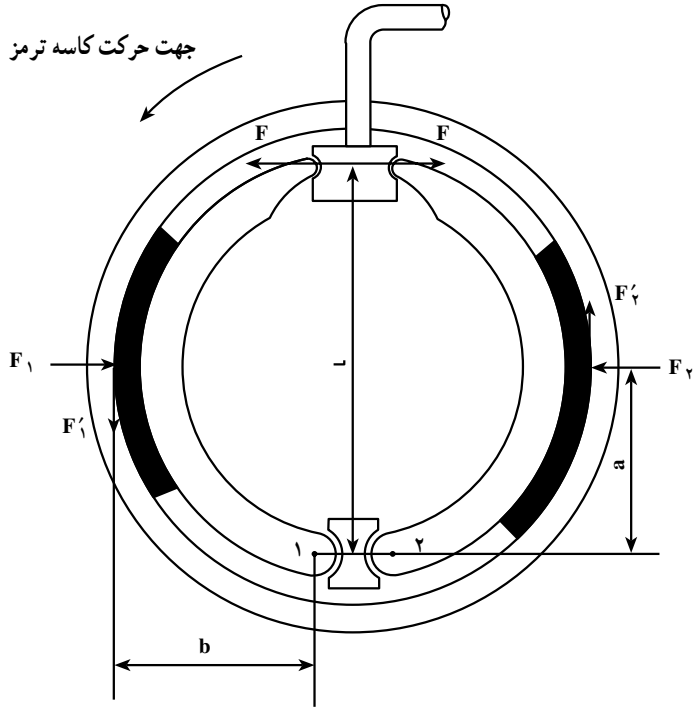
ــ سبک بودن و کم‌حجم‌بودن سیستم.

۱ــ۷ــ محاسبه‌ی نیروی اصطکاکی ترمز

نیروی پای راننده به پیستون سیلندر اصلی ترمز وارد می‌شود، فشار وارد به روغن ترمز به

سیلندرهای چرخ منتقل شده، توسط پیستون سیلندر چرخ، نیرو به کفشک‌ها منتقل می‌گردد که تا این‌جا محاسبات مانند سیستم کلاچ است.

نیروی مؤثر به کفشک‌ها در انواع مختلف سیستم کفشک‌بندی ترمز (۱) با تفاوت‌های جزئی یکسان است برای مثال نیروی مؤثر بر یک سیستم را که در شکل (۱ــ۷) مشاهده می‌شود، محاسبه می‌کنیم. (نوع سیمپلکس)[1]



شکل ۱ــ۷ــ کفشک‌بندی نوع سیمپلکس

با توجه به شکل (۱ــ۷) نیروهای« F'_1 » و «F'_2» نیروهای اصطکاکی هستند که با استفاده از قانون اهرم‌ها و گشتاور، برای لنت‌های سمت چپ و راست می‌توان گفت :

لنت سمت راست متحرک

۲ گشتاور حاصل را حول نقطه‌ی (۲) حساب می‌کنیم.

$$F.l = F_2.a + F'_2.b$$

لنت سمت چپ محرک

۱ گشتاور حاصل را حول نقطه‌ی (۱) حساب می‌کنیم.

$$F.l + F'_1 b = F_1 a$$

۱ــ الف ــ سیمپلکس ب ــ دوپلکس ساده و دوبل ج ــ سروی ساده و دوبل

$$F'_1 = F_1.\mu \qquad F'_2 = F_2.\mu$$

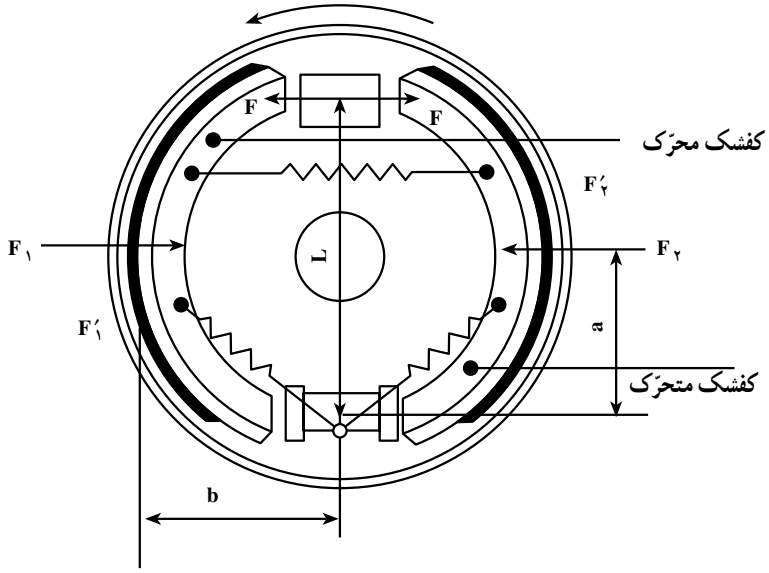
$$F.l = F_1 a - F_1.\mu b \qquad F.l = F_2\mu b + F_2.a$$

$$F.l = F_1(a - \mu b) \qquad F.l = F_2(\mu b + a)$$

$$F_1 = \left(\frac{F.l}{a - \mu b}\right) \quad (۷_۱) \qquad F_2 = \left(\frac{F.l}{a + \mu b}\right) \quad (۷_۲)$$

در فرمول‌های فوق و شکل (۱ــ۷)، F نیروی وارد به کفشک‌ها از طریق پیستون سیلندر چرخ، «F_1» و «F_2» نیروی عکس‌العمل عمود بر لنت‌ها، «F'_1» و «F'_2» نیروی اصطکاکی بین لنت و کاسه چرخ، « a» فاصله‌ی نیروی «F'_1» یا «F'_2» تا نقطه‌ی تکیه‌گاه (۱) یا (۲)، « b»فاصله‌ی نیروی اصطکاکی «F'_1» یا «F'_2» تا نقطه‌ی تکیه‌گاه (۱) یا (۲) و «l »فاصله‌ی نیروی « F» با تکیه‌گاه‌های (۱) یا (۲) و «μ» ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه چرخ است.

هم‌چنان که در فرمول‌های (۱ــ۷) و (۲ــ۷) مشاهده می‌شود ($F_1 > F_2$) است. علّت آن وجود اثر قلاب شوندگی در کفشک سمت چپ است. در نتیجه، میزان ساییدگی لنت سمت چپ بیش‌تر از لنت سمت راست است. برای رفع این عیب از طرح‌های دیگری موسوم به «دوپلکس» و «سرو» استفاده می‌شود (شکل ۲ــ۷).



شکل ۲ــ۷ــ الف ــ ترمز سرو

مثال (۱): اگر در شکل (۱ــ۷) نیروی وارد به کفشک‌ها از پیستون سیلندر چرخ ($F=۱۵۰N$) و فاصله‌ی این نیرو تا تکیه گاه‌های (۱) و (۲) ($l=۲۵۰mm$)، ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه چرخ (۰/۷)، فاصله‌ی هریک از نیروهای «$F'_۱$» یا «$F'_۲$» تا تکیه‌گاه‌های (۱) یا (۲) ($a=۱۱۵mm$) و فاصله‌ی هریک از نیروهای«$F'_۱$» و «$F'_۲$» تا تکیه‌گاه‌های مذکور ($b=۱۰۰mm$) باشد، مقدار هریک از نیروهای اصطکاکی «$F'_۱$» و «$F'_۲$» را برحسب نیوتن حساب کنید.

پاسخ:

$F=۱۵۰N\ ,\ l=۲۵۰mm$ $\qquad F_۱=\dfrac{F.l}{a-\mu b}=\dfrac{۱۵۰\times۲۵۰}{۱۱۵-۰/۷\times۱۰۰}$

$a=۱۱۵mm\ ,\ b=۱۰۰mm$ $\qquad =\dfrac{۳۷۵۰۰}{۴۵}=۸۳۳N$

$\mu=۰/۷$ $\qquad F_۲=\dfrac{F.l}{a+\mu b}=\dfrac{۳۷۵۰۰}{۱۸۵}=۲۰۲N$

$F'_۱\ ,\ F'_۲=?N$ $\qquad F'_۱=F_۱.\mu=۸۳۳\times۰/۷=۵۸۳/۱N$

نیروی اصطکاکی کفشک سمت چپ

$F'_۲=F_۲.\mu=۲۰۲\times۰/۷=۱۴۱/۴N$

نیروی اصطکاکی کفشک سمت راست

(در ترمزهای دیسکی نیروی هیدرولیک توسط پیستون‌های سیلندر چرخ به دیسک منتقل می‌شود.)

۲ــ۷ــ محاسبه‌ی گشتاور ترمز

۱ــ۲ــ۷ــ گشتاور اصطکاکی ترمز برای هر چرخ (M_B): عبارت است از مجموع گشتاورهای حاصل از نیروهای اصطکاکی مؤثر بر کفشک‌ها، حول مرکز کاسه چرخ، یعنی :

$M_B=F'_۱.R+F'_۲.R$

$M_B=F_۱.\mu.R+F_۲.\mu.R\Rightarrow \boxed{M_B=\mu.R.(F_۱+F_۲)}$ $\qquad (۷ــ۳)$

در فرمول فوق«R » شعاع کاسه چرخ است.

تمرین: در شکل (۲ــ۷) سیستم ترمز از نوع دوپلکس است. فرمول (۳ــ۷) به چه صورت درخواهد آمد؟

مثال (۲): در یک سیستم ترمز کفشکی، موقع ترمز، نیروی عمودی مؤثّر بر یک کفشک ($۳۰۰N$)و بر کفشک دیگر ($۱۰۰N$) می‌باشد. اگر فاصله‌ی مرکز سطح لنت تا مرکز کاسه چرخ

(۱۲۰mm) و ضریب‌اصطکاک بین لنت و کاسه چرخ (۰/۸) باشد، گشتاور اصطکاکی چرخ را برحسب متر نیوتن حساب کنید :

پاسخ:

$F_۱ = ۳۰۰N \ , \ F_۲ = ۱۰۰N \qquad M_B = \mu.R.(F_۱ + F_۲) = ۰/۸ \times ۰/۱۲(۳۰۰+۱۰۰)$

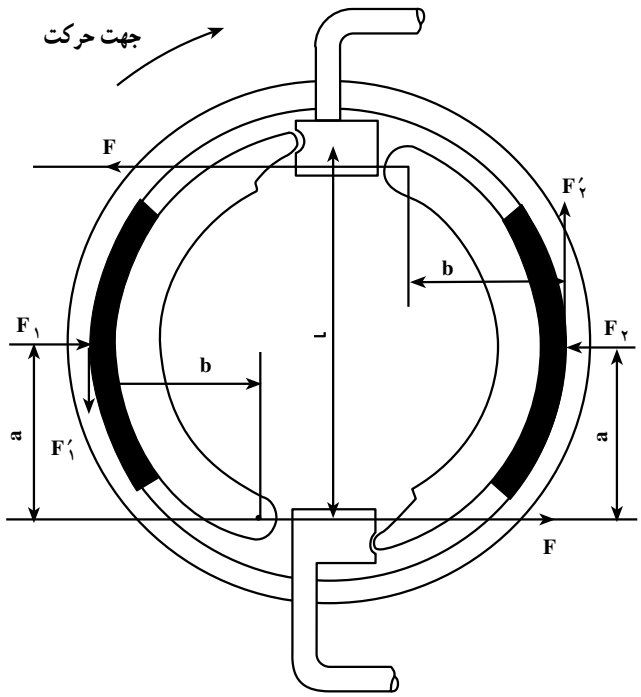
$R = ۱۲۰mm \ , \ \mu = ۰/۸ \qquad M_B = ۳۸/۴m.N$

$M_B = ?m.N$

مثال (۳): در شکل (۲ــ۷) اگر فشار روغن در مدار ترمز $(۲۰N/cm^۲)$، قطر پیستون سیلندر چرخ (۳۰mm)، فاصله‌ی لنت تا مرکز کاسه چرخ (۱۰۰mm)، ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه چرخ (۰/۷ ,$a = ۸۰mm$)، $(b = ۶۰mm)$، $(l = ۱۸۰mm)$ و نوع سیستم ترمز دوپلکس باشد، حساب کنید که :

۱ــ نیروی اصطکاکی وارد به هر کفشک چند نیوتن است؟

۲ــ گشتاور اصطکاکی ترمز در چرخ چند متر نیوتن است؟



شکل ۲ــ۷ــ ب ــ کفشک‌های نوع دوپلکس

پاسخ:

$P = ۲۰ N/cm^۲$ $\qquad F = P.A = ۲۰ \times \frac{۳^۲}{۴} \times ۳/۱۴ = ۱۴۱/۳ N$

$d = ۳۰ mm$

$\mu = ۰/۷$ $\qquad F_۱ = \frac{F.l}{a - \mu b} = \frac{۱۴۱/۳ \times ۱۸۰}{۸۰ - ۰/۷ \times ۶۰} = ۶۶۹/۳ N \ , \ F_۱ = F$

چون سیستم دوپلکس است.

$R = ۱۰۰ mm$

$a = ۸۰ mm$ $\qquad F'_۱ = F'_۲ = F_۱ \mu = ۶۶۹/۳ \times ۰/۷ = ۴۶۸/۵ N$

$b = ۶۰ mm$ نیروی اصطکاکی هر لنت

$l = ۱۸۰ mm$ $\qquad M_B = ۲F'_۱.R = ۲ \times ۴۶۸/۵ \times ۰/۱ = ۹۳/۷ N.m$

$F_۱ \ , \ F_۲ = ?N$ گشتاور اصطکاکی یک چرخ

$M_B = ?m.N$

مثال ۴: در یک سیستم ترمز ازنوع سرو، نیروی مؤثر بر پیستون پمپ اصلی ترمز $(۱۰۰N)$، قطر آن $(۱۵mm)$، قطر هر پیستون از سیلندر چرخ‌های عقب $(۳۰mm)$، شعاع مؤثر کاسه چرخ $(۱۲۰mm)$، ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه چرخ $(۰/۸)$، $(l = ۲۱۰mm)$، $(a = ۹۰mm)$، $(b = ۷۵mm)$، می‌باشد. گشتاور اصطکاکی ترمز در هریک از چرخ‌های عقب چند متر نیوتن است.

پاسخ:

$F' = ۱۰۰ N$ $\qquad P = \frac{F'}{A_۱} \ , \ A_۱ = \frac{(۱/۵)^۲}{۴} \times ۳/۱۴ = ۱/۷۶۶ cm^۲$

$d_۱ = ۱۵ mm$

$d_۲ = ۳۰ mm$ $\qquad P = \frac{۱۰۰}{۱/۷۶۶} = ۵۶/۶۲ N/cm^۲$

$R = ۱۲۰ mm$ فشار در مدار روغن ترمز

$\mu = ۰/۸$ $\qquad F = P.A_۲ \ , \ A_۲ = \frac{۳^۲}{۴} \times ۳/۱۴ = ۷/۰۶۵$

$l = ۲۱۰ mm$ سطح پیستون سیلندر چرخ

$a = ۹۰mm$ $F = ۵۶/۶۲ \times ۷/۰۶۵ = ۴۰۰N$

$b = ۷۵mm$ نیروی وارد بر کفشک

$M_B = ?m.N$ $F_۱ = F_۲ = \frac{F.l}{a - \mu b} = \frac{۴۰۰ \times ۲۱۰}{۹۰ - ۰/۸ \times ۷۵} = ۲۸۰۰N$

$M_B = ۲F_۱\mu.R = ۲ \times ۲۸۰۰ \times ۰/۸ \times ۰/۱۲$

$= ۵۳۷/۶m.N$

برای محاسبه‌ی گشتاور، در ترمزهای دیسکی، نیروی اصطکاکی دیسک، در شعاع مؤثر دیسک ضرب می‌شود. $M_B = F_B \times R_m$

مثال (۵): اتومبیلی با قدرت (۵۰kW) در حرکت است. ناگهان ترمز می‌کند. اگر چرخ‌های جلو مجهز به ترمز دیسکی باشند و شعاع مؤثر دیسک (۶۰mm)، فشار روغن در مدار ترمز ($۲۰۰N/cm^۲$) و قطر پیستون در هریک از سیلندرهای چرخ جلو (۴۰mm) باشد و هم‌چنین چرخ‌های عقب مجهز به ترمز از نوع دوپلکس باشند که قطر هریک از سیلندرهای چرخ (۳۰mm)، ($a = ۵۰mm$)، ($b = ۴۰mm$)، ($l = ۱۰۰mm$)، « R » شعاع کاسه چرخ (۱۲۰mm) و ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه و دیسک (۰/۴) باشد. حساب کنید که :

۱ــ نیروی فشار ترمز (۴) چرخ روی هم چند نیوتن است؟

۲ــ گشتاور کل (۴) چرخ چند متر نیوتن است؟

۳ــ دورتایر چند دور بر دقیقه است؟

پاسخ: ابتدا نیروی فشار وارد بر چرخ‌های جلو که دیسکی هستند. حساب می‌کنیم :

$P_e = ۵۰kW$

$R_m = ۶۰mm$ $F_۱ = F_۲ = ۲۰۰ \times \frac{۴^۲}{۴} \times ۳/۱۴ = ۲۵۱۲N$

$P = ۲۰۰N/cm^۲$ نیروی یک پیستون

$d_۱ = ۴۰mm$ $F = ۲۵۱۲ \times ۴ = ۱۰۰۴۸N$

$d_۲ = ۳۰mm$ نیروی فشار در چرخ‌های جلو

$a = ۵۰mm$ حال نیروی فشار وارد بر چرخ‌های عقب که از نوع

$b = ۴۰mm$ دوپلکس است حساب می‌کنیم.

$l = ۱۰۰mm$

$$F_1 = F_2 = \frac{200 \times \frac{3^2}{4} \times 3/14 \times 100}{50 - 40 \times 0/4} = 4156N \qquad R_2 = 120mm$$

نیروی فشاری بر یک کفشک $\mu = 0/4$

$$F = 4516 \times 4 = 18064N \qquad F_{کل} = ?N$$

نیروی فشار در چرخ‌های عقب $M_{کل} = ?m,N$

$$100 48 + 18064 = 28112N \qquad n_R = ?R.P.M$$

نیروی فشار وارد بر (۴) چرخ

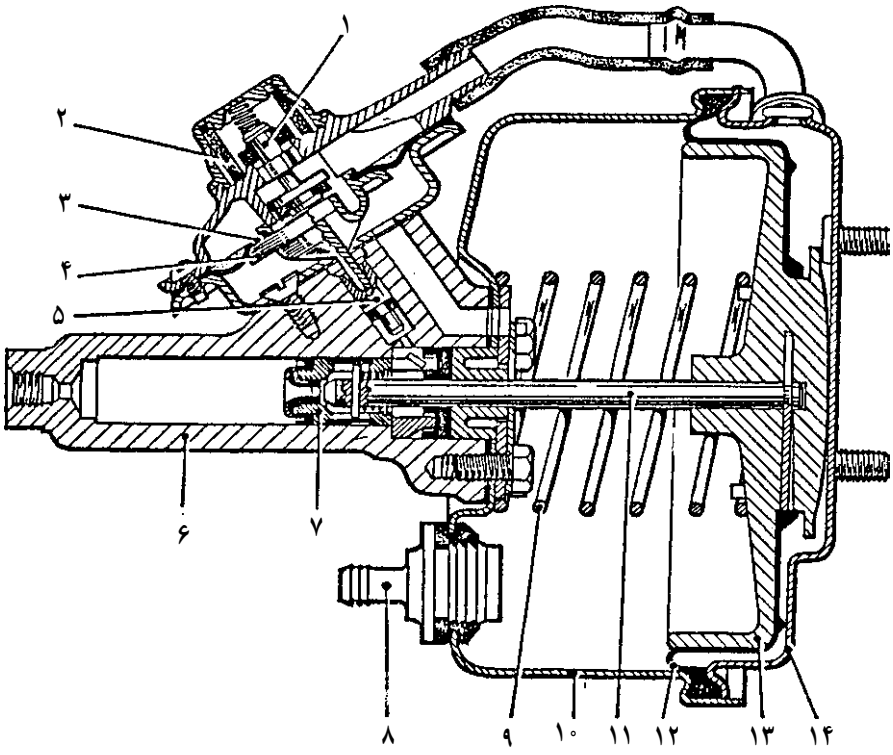
$$M_{B_1} = F.\mu R_m = 100 48 \times 0/4 \times 0/06 = 241m.N$$

گشتاور اصطکاکی چرخ‌های جلو

گشتاور اصطکاکی چرخ‌های عقب $M_{B_2} = 18064 \times 0/4 \times 0/12 = 867m.N$

گشتاور اصطکاکی (۴) چرخ $M_B = 241 + 867mN = 1108mN$

تذکّر: هرگاه سیستم ترمز به بوستر مجهز باشد، نیروی پدال و نیروی بوستر باهم بر سیلندر پمپ اصلی ترمز اثر می‌کند.



شکل ۳ــ۷ــ بوستر پیکان

مشخصات

۱ــ سوپاپ هوا ۲ــ فیلتر هوا ۳ــ دیافراگم هوا ۴ــ تکیه‌گاه دیافراگم هوا ۵ــ پیستون سوپاپ هوا ۶ــ سیلندر ثانویه‌ی ترمز ۷ــ پیستون سیلندر ثانویه ۸ــ اتّصال لوله‌ی خلایی و سوپاپ یک‌طرفه ۹ــ فنر برگردان پیستون بوستر ۱۰ــ بدنه‌ی بوستر ۱۱ــ میله‌ی فشاری ۱۲ــ دیافراگم پیستون ۱۳ــ پیستون بوستر ۱۴ ــ درپوش

مثال (۶): چرخ‌های جلو و عقب اتومبیلی دارای ترمز دیسکی مجهز به پوستر است، قطر دهانه‌ی سیلندر دیافراگم بوستر(۲۳۰mm) ، اختلاف فشار هوای پشت دیافراگم در حالت ترمز (۰/۷۵bar) ، قطر داخلی سیلندر اصلی (۲۴mm) ، قطر داخلی هریک از سیلندرهای چرخ‌های جلو (۶۰mm) ، قطر داخلی هریک از سیلندرهای چرخ‌های عقب (۴۰mm) ، نیروی وارده از طریق اهرم پدال ترمز (۱۲۰۰N) ، قطر متوسط هر دیسک جلو (۱۲۰mm) و هر دیسک از چرخ‌های عقب (۱۰۰mm) است ضریب اصطکاک بین لنت و دیسک (۰/۴) است. حساب کنید که :

۱ــ کل نیروی وارد به سیلندر اصلی ترمز چند نیوتن است؟

۲ــ فشار روغن در مدار ترمز چند نیوتن بر سانتی‌متر مربع است؟

۳ــ کل نیروی فشار وارد بر دیسک‌های (۴) چرخ چند نیوتن است؟

۴ــ کل گشتاور ترمز در (۴) چرخ چند متر نیوتن است؟

پاسخ:

$d_B = ۲۳mm \qquad (۱)F_B = P_B.A_B \Rightarrow F_B = ۷/۵ \times \frac{۲۳^۲ \times ۳/۱۴}{۴} = ۳۱۱۴/۵$

$P_B = ۰/۷۵bar$ نیروی بوستر

$d = ۲۴mm \qquad F_۱ = F_B + F_P = ۳۱۱۴/۵ + ۱۲۰۰ = ۴۳۱۴/۵N$

$d_۱ = ۶۰mm$ کل نیروی وارد بر سیلندر اصلی ترمز

$d_۲ = ۴۰mm$

$F_۱ = ۲۰۰N \qquad (۲)P = \frac{F_۱}{A} = \frac{۴۳۱۴/۵}{\frac{۲/۴^۲ \times ۳/۱۴}{۴}} = ۹۵۴/۵N/cm^۲$

$D_۱m = ۱۲۰mm$ فشار در مدار روغن ترمز

$D_۲m = ۱۰۰mm \qquad F_۱ = P \times ۴A = ۹۵۴/۵ \times ۴ \times \frac{۶^۲ \times ۳/۱۴}{۴} = ۱۰۷۸۹۶$

$F_{۱\,کل} = ?$ نیروی فشار وارد بر دیسک‌ها و چرخ‌های جلو.

$P = ?N/cm^۲ \qquad F_۲ ۹۵۴/۵ \times ۴ \times \frac{۴^۲ \times ۳/۱۴}{۴} = ۴۷۹۵۴$

$F_{کل} = ?N$ نیروی فشار وارد بر دیسک‌ها و چرخ‌های عقب.

$M_{کل} = ?m.N \qquad F = ۴۷۹۵۴ + ۱۰۷۸۹۶ = ۱۵۵۸۵۰N$

$\mu = ۰/۴$ نیروی فشار وارد بر (۴) چرخ.

$M_{B۱} = F_۱R_{۱m}.\mu = ۱۰۷۸۹۶ \times ۰/۰۶ \times ۰/۴ = ۲۵۸۹/۵mN$

$M_{B۲} = F_۲.R_{۲m}.\mu$ گشتاور اصطکاکی ترمز چرخ‌های جلو

گشتاور اصطکاکی ترمز چرخ‌های عقب

$M_{B۲} = ۴۷۹۵۴ \times ۰/۰۵ \times ۰/۴ = ۹۵۹mN$

$M_B = ۲۵۸۹/۵ + ۹۵۹ = ۳۵۴۸/۵mN$ گشتاور اصطکاکی ترمز (۴) چرخ

۳ــ۷ــ محاسبه‌ی سرعت اتومبیل

دوران میل‌لنگ پس از تبدیل و عبور از گیربکس و دیفرانسیل به پلوس‌ها و نهایتاً به چرخ‌ها می‌رسد، و در اثر دوران چرخ‌ها، اتومبیل به حرکت درمی‌آید. اگر فرض کنیم که هیچ‌گونه لغزشی بین تایر و زمین وجود نداشته باشد، سرعت اتومبیل از حاصل‌ضرب محیط تایر در تعداد دوران تایر در واحد زمان به‌دست می‌آید. یعنی :

تعداد دوران تایر در واحد زمان × محیط چرخ = سرعت اتومبیل

$$V = u \times n$$

$$u = 2R_s \times \pi \Rightarrow \boxed{V = 2R_s \times \pi \times np} \qquad (۷ــ۴)$$

در این رابطه :

V = سرعت اتومبیل ؛

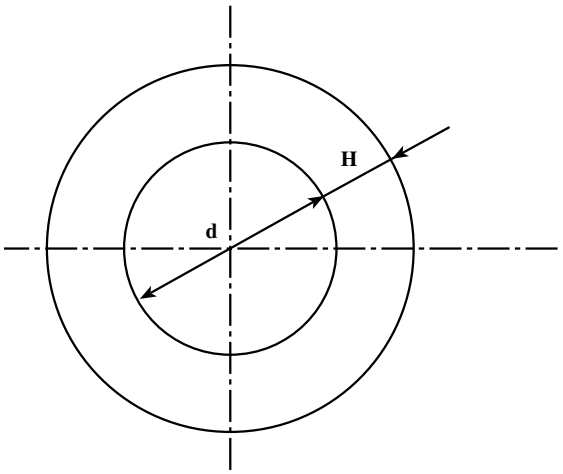
np = تعداد دوران چرخ R.p.m ؛

R_s = شعاع تایر (به عبارت صحیح‌تر شعاع دینامیکی تایر است که با شعاع استاتیکی آن تقریباً برابر است. شعاع استاتیکی تایر به عوامل زیادی از جمله فشار باد داخل تایر و جنس تایر و نیروی وزن اعمال شده به آن بستگی دارد و معمولاً از نصف قطر تایر کوچک‌تر است.).

پرسش: فرمول سرعت اتومبیل برحسب متر بر ثانیه را به دست‌آورید.

برای محاسبه‌ی قطر تایر با توجه به شکل (۷ــ۴) از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود :

$$D = d + 2H$$



شکل ۷ــ۴

در این رابطه :

D = قطر اسمی تایر، متر ؛

d = قطر رینگ، متر ؛

H = ارتفاع تایر، متر.

با توجه به این که در هنگام ارائه‌ی مشخّصات تایر معمولاً قطر رینگ و پهنای تایر (B) داده می‌شود، و از طرفی برای تایرهای معمولی نسبت ارتفاع به عرض یا پهنای تایر ($\frac{H}{B} \approx ۰/۸$) است، بنابراین رابطه‌ی قبل به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\frac{H}{B} \approx ۰/۸ \qquad D = d + ۲ \times (۰/۸B) \Rightarrow \boxed{D = d + ۱/۶B} \qquad (۷_۵)$$

معمولاً کارخانه‌های سازنده‌ی تایر مشخصات نسبتاً کاملی از تایر را روی آن می‌نویسند.

به‌عنوان مثال :

(۱۴ SR ۳۵/۸۰ ـ ۷) که :

۷ـ۳۵ : پهنای تایر برحسب اینچ

$\frac{H}{B}$: ۰/۸

SR : تایر مخصوص رادیال

۱۴ : قطر رینگ برحسب اینچ و یا :

(۱۴ : VR ۲۰۶/۷۰) که :

۲۰۶ : پهنای تایر برحسب میلی‌متر

$\frac{H}{B}$: ۰/۷۷۰

VR : تایر مخصوص سرعت خیلی زیاد رادیال

۱۴ : قطر رینگ برحسب اینچ

در جدول زیر اندازه‌ی برخی از تایرها با علامت مخصوص نوشته شده است.

سرعت مجاز	اندازه‌ی تایر	علامت مشخصه	وضعیت تایر و نوع آن
	۵۶, S ۱۳	S	تایر اسپرت برای اتومبیل اسپرتی
	۶,۰۰ S ۱۴		
۱۷۵ km/h			
	۶,۴۵/۱۶۵ S۱۳		
	۷,۲۵ H ۱۳	H	برای سرعت زیاد
۲۰۰km/h	۶,۹۵/۱۷۵ H ۱۴		
	۶۵, – ۱۴		
	۶,۰۰ – ۱۴		
	M&S	M&S	تایر نرمال یخ‌شکن
۱۶۰km/h	۱۶۰ R ۱۳	R	نوع رادیال معمولی
	۱۷۵ R ۱۳		
	۶,۷۰ R ۱۵ C	RC	رادیال اسپرت
	۱۶۵ S ۱۴ C		
	۱۶۵ SR ۱۴	SR	رادیال با سرعت
۱۸۰km/h	۷۳۵ SR ۱۴		
	۱۸۵/۷۰ SR ۱۳		
	۱۶۵ HR ۱۳	HR	رادیال با سرعت زیاد
۲۱۰km/h			
	۱۹۵ HR ۱۴		
	۱۸۵ VR ۱۴	VR	رادیال با سرعت خیلی زیاد
۲۱۰km/h	۱۹۵ VR ۱۴		
	۲,۶ VR ۱۴		

البته اطّلاعات دیگری شامل تعداد لایه‌های تایر، فشار ترکیدن تایر، نوع تایر، سال ساخت آن و علامت تجارتی کارخانه‌ی سازنده نیز روی بسیاری از تایرها نوشته شده است. نکته‌ی قابل ذکر این که، همیشه قطر رینگ برحسب اینچ نوشته می‌شود.

مثال (۷): اتومبیلی با سرعت ثابت در حال حرکت است. اگر دور موتور (۴۰۰۰RPM) و نسبت دور در گیربکس و دیفرانسیل (۳/۸) و اندازه‌ی تایر (۱۳ــ۵۶۰) و قطر استاتیکی تایر (۹۲٪) قطر اسمی آن باشد، مطلوب است که :

الف ــ سرعت اتومبیل برحسب km/hr محاسبه شود.

ب ــ اگر تایرهای این اتومبیل با تایرهایی از نوع (۱۳ــ۱۷۵) و با همان نسبت قطر استاتیکی تعویض شود، سرعت اتومبیل چند کیلومتر در ساعت خواهد شد؟

$n_m = ۴۰۰۰RPM$

$i = ۳/۸$

مشخّصات فنی تایر ۱۳−۵۶۰

$D_s = ۰/۹۲D$

$V = ?km/hr$

۱۳−۱۷۵

$V = ?km/hr$

پاسخ:

$$V = \frac{R_s \times \pi \times n_{PL}}{۳۰} \times ۳/۶$$

$$n_{PL} = \frac{n_m}{i} = \frac{۴۰۰۰}{۳/۸} = ۱۰۵۲/۶ \quad RPM$$ تعداد دور پلوس

$$D = d + ۱/۶ \times B = ۱۳ + ۱/۶ \times ۵/۶ = ۲۱/۹۶$$ اینچ قطر تایر اوّل

$$R_s = ۰/۹۲ \times \frac{D}{۲} = ۰/۹۲ \times \frac{۲۱/۹۶}{۲} = ۱۰/۱$$ اینچ

$$R_s = ۱۰/۱ \times ۲۵/۴ = ۲۵۶/۵ \quad mm$$ شعاع تایر اوّل

سرعت اتومبیل با تایر اوّل

$$V = \frac{۲۵۶/۵ \times ۳/۱۴ \times ۱۰۵۲/۶ \times ۳/۶}{۱۰۰۰ \times ۳۰} = ۱۰۱/۷ km/hr$$

$$D = d + ۱/۶ \times B = (۱۳ \times ۲۵/۴) + ۱/۶ \times ۱۷۵ = ۶۱۰/۲mm$$ قطر تایر دوم

$$R_s = ۰/۹۲ \times \frac{D}{۲} = ۰/۹۲ \times \frac{۶۱۰/۲}{۲} = ۲۸۰/۷mm$$ شعاع تایر دوم

$$V = \frac{۲۸۰/۷ \times ۳/۱۴ \times ۱۰۵۲/۶ \times ۳/۶}{۱۰۰۰ \times ۳۰} = ۱۱۱/۳ \text{km/hr}$$

سرعت اتومبیل با تایر دوم

۴ــ۷ــ محاسبه‌ی خط ترمز

خط ترمز مسافتی است که اتومبیل از لحظه‌ی وارد شدن نیروی ترمز تا لحظه‌ی توقف کامل، طی می‌نماید. چون اتومبیل در زمان گرفتن ترمز دارای، حرکت کُندشونده و شتاب منفی است، بنابراین با داشتن مقدار شتاب ترمز، می‌توان راه ترمز را به‌صورت زیر محاسبه نمود :

$$S = \frac{۱}{۲} a t^۲$$

و چون :

$$V = at \Rightarrow t = \frac{V}{a}$$

بنابراین :

$$S = \frac{۱}{۲} a \times \left(\frac{V}{a}\right)^۲ \Rightarrow \boxed{S = \frac{V^۲}{۲a}} \qquad (۷ــ۶)$$

در این روابط :

S = راه ترمز یا مسافت پیموده شده (متر) ؛

a = شتاب ترمز $(m/s^۲)$ ؛

t = مدّت زمان اعمال ترمز (t) ؛

V = سرعت اوّلیه‌ی اتومبیل در شروع ترمز (m/s) .

اگر بخواهیم مسافت واقعی پیموده شده را از لحظه‌ی دیدن یک مانع توسط راننده، تا لحظه‌ی توقف کامل اتومبیل به‌دست آوریم، باید مسافت پیموده شده درمدّت زمان عکس‌العمل راننده را (که اتومبیل با سرعت اوّلیه طی نموده است)، محاسبه کنیم و به مسافت ترمز اضافه نماییم. زمان عکس‌العمل راننده، فاصله‌ی زمانی بین دیدن مانع توسط راننده تا لحظه‌ی اعمال فشار بر پدال ترمز است که به سرعت عمل راننده بستگی کامل دارد و در این مدّت، اتومبیل با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. بنابراین :

$$S_T = S + S_R$$

و چون :

$$S_R = V \times t_R$$

بنابراین :

$$\boxed{S_T = \frac{V^۲}{۲a} + V \times t_R} \qquad (۷ــ۷)$$

در این روابط :

S_T = مسافت کل پیموده شده (متر) ؛

S_R = مسافت پیموده شده در زمان عکس‌العمل راننده (متر) ؛

t_R = زمان عکس‌العمل راننده (ثانیه).

مثال (۸): اتومبیلی با سرعت (۹۰km/hr) حرکت می‌کند و در فاصله‌ی (۱۱۰) متری مانعی ظاهر می‌شود. زمانی که راننده پدال گاز را رها و ترمز را فشار می‌دهد، (۰/۴) ثانیه طول می‌کشد. اگر در انتهای زمان ترمز اتومبیل به مانع برسد (برخورد نکند) تعیین کنید که :

الف ــ مسافت طی شده در زمان عکس‌العمل راننده چند m بوده است؟

ب ــ مسافت طی شده از لحظه‌ی ترمز تا توقّف کامل چند m بوده است؟

ج ــ شتاب ترمز چند m/s^2 بوده است؟

د ــ مدّت زمان از لحظه دیدن مانع تا توقّف کامل چند ثانیه بوده است؟

$V = ۹۰ km/hr$

$S_T = ۱۱۰ m$

$t_R = ۰/۴$

$S_R = ?$ متر

$S = ?$ متر

$a = ? m/s^2$

$t_T = ?$ ثانیه

$V = \frac{۹۰}{۳/۶} = ۲۵ m/s$

پاسخ:

$S_R = V \times t_R = ۲۵ \times ۰/۴ = ۱۰ m$

$S_T = S + S_R \Rightarrow S = S_T - S_R = ۱۱۰ - ۱۰ = ۱۰۰ m$

$S = \frac{V^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{V^2}{2S} = \frac{(۲۵)^2}{۲ \times ۱۰۰} = ۳/۱۲۵ m/s^2$

$t_T = t + t_R$

$t = \frac{V}{a} = \frac{(۲۵)}{۳/۱۲۵} = ۸$ ثانیه

$t_T = ۸ + ۰/۴ = ۸/۴$ ثانیه

۵ــ۷ــ محاسبه‌ی کارترمز

منظور از کارترمز، میزان کار انجام شده جهت کاهش سرعت خودرو و یا توقّف کامل آن است. به‌طور کلی کار از حاصل‌ضرب نیروی انجام‌دهنده‌ی کار در مقدار جابه‌جایی آن نیرو به‌دست می‌آید. در سیستم ترمز اتومبیل نیروی انجام‌دهنده‌ی کار، همان نیروی اصطکاک بین لنت‌ها و کاسه چرخ‌ها و دیسک‌ها است. بنابراین اگر نقطه‌ی تماس اوّلیه‌ی لنت به کاسه چرخ و یا دیسک را درنظر بگیریم، تعداد دوران چرخ‌ها تا توقّف کامل و یا تا لحظه‌ای که ترمز را رها کنیم، میزان جابه‌جایی نیروی اصطکاک لنت‌ها را مشخص می‌نماید. تعداد دوران چرخ‌ها را می‌توانیم به‌راحتی از روی راه ترمز و با داشتن قطر استاتیکی تایر به‌دست آوریم. با توجّه به مطالب گفته شده، کار نیروی ترمز برابر است با :

$$W_{Br} = F_{fr} \times d \times \pi \times n \qquad (۷ــ۸)$$

در این رابطه :

W_{Br} = کار نیروی ترمز (نیوتن ــ متر) ؛

F_{fr} = مجموع نیروی اصطکاک لنت‌ها در کلّ چرخ‌ها (نیوتن) ؛

d = قطر کاسه چرخ‌ها و یا قطر متوسط دیسک‌ها به شرط مساوی بودن آن‌ها (متر) ؛

n = تعداد دوران چرخ (از لحظه ترمز تا توقف).

در صورتی که قطر کاسه چرخ با دیسک مساوی نباشد و هم‌چنین در صورتی که قطر تایرهای جلو و عقب یکسان نباشد، رابطه‌ی فوق به این صورت نوشته می‌شود :

$$W_{Br} = F_{fr۱} \times d_۱ \times \pi \times n_۱ + F_{fr۲} \times d_۲ \times \pi \times n_۲$$

در این رابطه :

$F_{fr۱}$ = مجموع نیروی اصطکاک لنت‌های چرخ‌های عقب (نیوتن) ؛

$d_۱$ = قطر کاسه چرخ عقب (متر) ؛

$n_۱$ = تعداد دوران چرخ عقب در زمان ترمز ؛

$F_{fr۲}$ = مجموع نیروی اصطکاک لنت‌های چرخ‌های جلو (نیوتن) ؛

$d_۲$ = قطر متوسط دیسک چرخ‌های جلو ؛

$n_۲$ = تعداد دوران چرخ‌های جلو در زمان ترمز.

کار حاصل از نیروی ترمزهای اتومبیل را از روش دیگری نیز، می‌توان محاسبه کرد. به این ترتیب که می‌دانیم کار نیروی اصطکاک ترمز باعث کاهش سرعت خودرو و درنتیجه کاستن از انرژی جنبشی خودرو می‌شود. پس کار نیروی ترمز برابر با تغییرات انرژی جنبشی جرم اتومبیل است.

یعنی :

$$W_{Br} = \frac{1}{2} m\left(V_1^2 - V_2^2\right) \qquad (۷_۹)$$

در این رابطه :

چون «V_2» در انتهای ترمز برابر صفر است، بنابراین : $W_{Br} = \frac{1}{2} m V_1^2$

«V_1» = سرعت اتومبیل در لحظه‌ی شروع ترمز (متر بر ثانیه) ؛

m = جرم اتومبیل (کیلوگرم) ؛

«V_2» = سرعت اتومبیل در پایان ترمز.

۶ــ۷ــ محاسبه‌ی توان ترمز

برای به‌دست آوردن توان ترمز، باید کار ترمز را بر مدّت زمان انجام عمل ترمز تقسیم کنیم، یعنی :

$$P_{Br} = \frac{W_{Br}}{t} \qquad (۷_۱۰)$$

در این رابطه :

P_{Br} = توان یا قدرت ترمز (W) ؛

t= مدّت زمان ترمز (ثانیه).

مثال (۹): سرعت اتومبیلی (۶۶km/hr) است. این اتومبیل ناگهان ترمز می‌کند و با شتاب ($۴m/s^2$) سرعتش به صفر می‌رسد. اگر کارترمز در این وضعیّت (۱۸۳۲۰۰N.m) باشد، تعیین کنید که :

الف ــ خط ترمز چند m است؟

ب ــ توان ترمز چند kW است؟

ج ــ نیروی اصطکاک تایر با زمین چند N است؟

$V = ۶۶\,km/hr$

$a = ۴\,m/s^2$

$W_{Br} = ۱۸۳۲۰۰N - m$

$S = ?\,m$

$P_{Br} = ?\ kW$

$F_{fr} = ?N$

پاسخ:

$$S = \frac{V^2}{2a} = \frac{(\frac{66}{3/6})^2}{2 \times 4} = 42 \ m$$ خط ترمز

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

$$V = at \ \Rightarrow \ t = \frac{V}{a} = \frac{(\frac{66}{3/6})}{4} = 4/6$$ ثانیه زمان ترمز

$$P_{Br} = \frac{183200}{4/6} = 39826 \ N - m/s$$

$$P_{Br} = 39826 \div 1000 = 39/8 \ kW$$ توان ترمز

$$W_{Br} = F_{fr} \times S \ \Rightarrow \ F_{fr} = \frac{W_{Br}}{S} = \frac{183200}{42} = 4361/9 \ N$$

نیروی اصطکاک

۷ــ۷ــ محاسبه‌ی نیروی محرّکه‌ی تایر

نیروی محرّکه‌ی تایر، نیرویی است که به‌وسیله‌ی سیستم انتقال قدرت از طریق پلوس‌ها به چرخ وارد شده، پس از غلبه بر مجموع نیروهای مقاوم، باعث حرکت اتومبیل می‌گردد. این نیرو را با داشتن مقدار گشتاور پلوس و شعاع استاتیکی تایر از فرمول زیر محاسبه می‌کنند.

$$\boxed{F_{PL} = \frac{M_{PL}}{R_S}}$$ (۷ــ۱۱)

در این رابطه :

F_{PL} = نیروی محرکه‌ی تایر (نیوتن) ؛

M_{PL} = گشتاور پلوس (متر ــ نیوتن) ؛

R_S = شعاع استاتیکی تایر (متر).

تمرین

مسأله‌ی (۱): در یک سیستم ترمز دوپلکس، قطر دهانه‌ی سیلندر اصلی (۱۹mm) و قطر دهانه‌ی هر سیلندر از چرخ‌های جلو (۴۵mm) و عقب (۲۵mm) و نیروی وارد به پیستون سیلندر

اصلی (۱۵۰N) است، حساب کنید که :

الف ــ فشار روغن در مدار ترمز چند بار است؟

ب ــ نیروی فشار هر یک از سیلندرها بر چرخ‌های جلو و عقب چند نیوتن است؟

۵/۲۹bar (الف ۸۴۰/۹N , ۲۶۰N (ب

مسأله‌ی (۲): در یک دستگاه ترمز، قطر سیلندر اصلی (۲۳/۸mm)، چرخ‌های جلو دیسکی با قطر دهانه‌ی سیلندر (۵۷mm) و نیروی وارد بر پیستون این سیلندر (۴۰۸۰N) و قطر دهانه‌ی سیلندر ترمز چرخ عقب (۴۲mm) است حساب کنید که :

الف ــ فشار روغن در مدار ترمز چند نیوتن بر سانتی‌مترمربع است؟

ب ــ نیروی فشار وارد بر هر یک از پیستون‌ها و چرخ‌های عقب چند نیوتن است؟

ج ــ نیروی وارد بر سیلندر اصلی ترمز چند نیوتن است؟

۱۶۰N/cm^2 (الف ۲۲۱۵/۵N (ب ۷۱۱/۴N (ج

مسأله‌ی (۳): ترمز کامیونی با قطر دهانه‌ی سیلندر بوستر (۱۰۰mm)، قطر دهانه‌ی سیلندر اصلی ترمز (۲۸mm)، قطر دهانه‌ی هر سیلندر از چرخ‌های جلو (۴۱mm) و چرخ‌های عقب (۲۵/۴mm)، نیروی وارد به سیلندر اصلی از پدال (۲۵۰N) و فشار هوای پشت دیافراگم بوستر (5bar) می‌باشد، حساب کنید که :

الف ــ نیروی وارد بر پیستون سیلندر اصلی چند نیوتن است؟

ب ــ فشار در مدار روغن چند بار است؟

ج ــ نیروی فشار توسط پیستون‌های هر یک از چرخ‌ها چند نیوتن است؟

۴۱۷۵N (الف ۶۷/۸۸bar (ب ۸۹۵۷N , ۳۴۳۷/۷N (ج

مسأله‌ی (۴): نیروی محرکه‌ی تایرهای اتومبیلی (۳۲۰۰N) و قطر هر تایر (۶۰۰mm)، ضریب اصطکاک بین لنت‌های ترمز با کاسه چرخ (۰/۵)، هر (۴) چرخ دارای ترمز کاسه‌ای با قطر داخلی (۲۵۹mm) می‌باشد. کل نیروی فشاری وارد به کاسه چرخ‌ها را حساب کنید.

۱۴۸۲۶/۴۵N (جواب

مسأله‌ی (۵): اتومبیلی مجهز به ترمز از نوع کفشکی شکل (۲ــ۳) است اگر فشار لنت بر کاسه چرخ جلو (۵) بار و ابعاد هر لنت (۵۰×۲۰۰mm) قطر کاسه چرخ (۳۶۰mm) و قطر هر سیلندر از چرخ‌های جلو (۲۹mm) و از چرخ‌های عقب (۲۲mm)، قطر سیلندر اصلی (۱۸mm)، ($l = ۲۰۰mm$)، ($a = ۹۰mm$)، ($b = ۷۰mm$) و ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه (۰/۶) باشد مطلوب است که :

الف ــ نیروی وارد بر هر یک از پیستون‌های چرخ جلو و عقب را برحسب نیوتن حساب کنید.
ب ــ فشار روغن در مدار برحسب نیوتن بر سانتی‌مترمربع محاسبه شود.
ج ــ گشتاور اصطکاکی ترمز هر (۴) چرخ برحسب نیوتن به‌دست آید.
د ــ هرگاه قطر مؤثر هر چرخ (۶۵۰mm) باشد، نیروی اصطکاکی چرخ‌ها را برحسب نیوتن محاسبه کنید.

پیستون چرخ عقب ۶۹۱N پیستون چرخ جلو ۱۲۰۰N (الف
۱۰۴۸۴N (د ۳۴۰۴mN (ج ۱۸۱/۷N/cm^2 (ب

مسأله‌ی (۶): اگر فشار در مدار روغن ترمز (۴۰bar)، نیروی پدال وارد بر سیلندر اصلی (۲۰۰N)، قطر آن (۲۰mm) و قطر دیافراگم بوستر (۱۵۰mm) باشد، مطلوب است که فشار هوای پشت دیافراگم برحسب نیوتن بر سانتی‌مترمربع حساب شود.

۵/۹N/cm^2 (جواب

مسأله‌ی (۷): گشتاور اصطکاکی ترمز (۴) چرخ اتومبیلی (۲۵۳/۵) متر نیوتن و شعاع کاسه چرخ (۱۳۰mm)، و ضریب اصطکاک بین لنت و کاسه (۰/۴۵) می‌باشد، مطلوب است که :
الف ــ نیروی اصطکاکی ترمز کلاً برحسب نیوتن به‌دست آید.
ب ــ نیروی عمودی وارد بر لنت‌ها برحسب نیوتن محاسبه شود.

۴۳۳۳N (ب ۱۹۵۰N (الف

مسأله‌ی (۸): اتومبیلی با سرعت (۱۲۰km/h) حرکت می‌کند، در فاصله‌ی (۱۸۰) متری مانعی ظاهر می‌شود، راننده ترمز می‌کند و با شتاب (۵m/s^2) متوقف می‌شود ؛ اگر سرعت کُندشونده یک‌نواخت باشد، حساب کنید که :
الف ــ مسافت طی شده از لحظه‌ی ترمز تا توقّف کامل چند متر بوده است؟
ب ــ مسافت طی شده در زمان عکس‌العمل چند متر بوده است؟
ج ــ زمان عکس‌العمل راننده چند ثانیه بوده است؟
د ــ زمان کلّ از دیدن مانع تا توقف کامل برحسب ثانیه چه‌قدر بوده است؟

جواب (الف : ۱۱۱m جواب (ب : ۶۹m
جواب (ج : ۲/۰۷ s جواب (د : ۸/۷۳ s

مسأله‌ی (۹): اتومبیلی از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از (۵) ثانیه سرعتش به(۹۰km/hr) می‌رسد، اگر حرکت اتومبیل تندشونده یک‌نواخت باشد، حساب کنید که :
الف ــ مسافت پیموده شده در این مدت چند متر است؟

ب ــ شتاب حرکت برحسب متر بر مجذور ثانیه چه‌قدر است؟

ج ــ پس از چه مدّت سرعتش به (۱۰۸km/hr) خواهد رسید؟

جواب (الف : ۶۲/۵m جواب (ب : $۵ m/s^۲$ جواب (ج : ۶ s

مسأله‌ی (۱۰): راننده‌ای که اتومبیلش با سرعت (۷۲km/hr) حرکت می‌کند ناگهان پا را از روی پدال گاز برداشته، روی پدال ترمز می‌گذارد در این فاصله (۱۰) متر راه را طی می‌کند، سپس ترمز می‌نماید و پس از (۵) ثانیه متوقف می‌شود. مطلوب است که :

الف ــ شتاب ترمز برحسب $m/s^۲$ حساب شود.

ب ــ کلّ مسافت طی شده برحسب متر محاسبه شود.

ج ــ زمان از لحظه‌ی دیدن مانع تا توقف برحسب ثانیه اندازه‌گیری شود.

جواب (الف : $۴ m/s^۲$ جواب (ب : ۶۰m جواب (ج : ۵/۵s

مسأله‌ی (۱۱): دور موتور اتومبیلی (۳۰۰۰RPM) نسبت، تبدیل دور در گیربکس (۱ :۲/۴) و دیفرانسیل (۱ :۴/۲) می‌باشد مشخّصات فنی تایر (۱۴ــ۶۵۰) قطر استاتیکی (۰/۹۴) قطر اسمی تایر است. در این حالت مانعی سر راه ظاهر می‌شود و راننده ترمز می‌کند، اگر زمان عکس‌العمل ترمز (۰/۲s) باشد و اتومبیل از لحظه‌ی دیدن مانع تا توقف (۵۰) متر پیموده باشد، حساب کنید که :

الف ــ سرعت اتومبیل چند کیلومتر به ساعت است؟

ب ــ شتاب ترمز چند $m/s^۲$ است؟

ج ــ زمان ترمز از لحظه‌ی دیدن مانع تا توقّف کامل چه‌قدر است؟

جواب (الف : ۳۲/۶km/hr جواب (ب : $۰/۸۱ m/s^۲$ جواب (ج : ۱۰/۸۱ s

مسأله‌ی (۱۲): کامیونی با قدرت ترمز (۹۰kW)، با شتاب ($۵ m/s^۲$) ترمز می‌کند. اگر زمان خط ترمز (۶) ثانیه باشد، خواسته‌های زیر حساب شود :

الف ــ کار ترمز برحسب نیوتن ــ متر

ب ــ سرعت اوّلیه‌ی اتومبیل برحسب کیلومتر به ساعت

ج ــ راه ترمز برحسب متر

د ــ نیروی ترمز برحسب نیوتن

هـ ــ جرم کامیون برحسب کیلوگرم

جواب (الف : ۵۴۰۰۰۰N.m جواب (ب : ۱۰۸km/hr جواب (ج : ۹۰m

جواب (د : ۶۰۰۰N جواب (هـ : ۱۲۰۰kg

مسأله‌ی (۱۳): اتومبیلی به وزن (۱۸۰۰۰N) با نیروی (۹۰۰۰N) ترمز می‌کند، پس از طی

مسافت (۱۵) متر می‌ایستد، حساب کنید که :

الف ــ کار ترمز (نیوتن متر) چه‌قدر است؟

ب ــ سرعت اتومبیل قبل از ترمز کردن (کیلومتر به ساعت) چه‌قدر بوده است؟

ج ــ زمان ترمز چند ثانیه است؟

د ــ شتاب ترمز چند متر بر مجذور ثانیه است؟

هـ ــ قدرت ترمز چند کیلووات است؟

جواب (الف : ۱۳۵۰۰۰N.m جواب (ب : ۴۴km/hr جواب (ج : ۲/۴۴ s

جواب (د : ۵ m/s^2 جواب (هـ : ۵۵kW