

Tentamen

TSFS 02 Fordonsdynamik med reglering
22 oktober, 2011, kl. 14–18

Hjälpmedel: Miniräknare.

Ansvarig lärare: Jan Åslund, 281692.

Totalt 50 poäng.

Betygsgränser:

Betyg 3: 23 poäng

Betyg 4: 33 poäng

Betyg 5: 43 poäng

1. Figuren visar de krafter som verkar på en bil vid en acceleration.

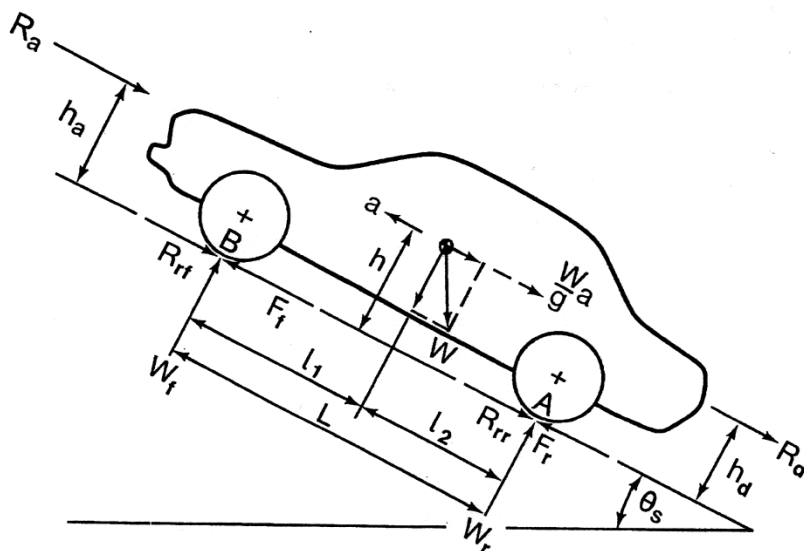
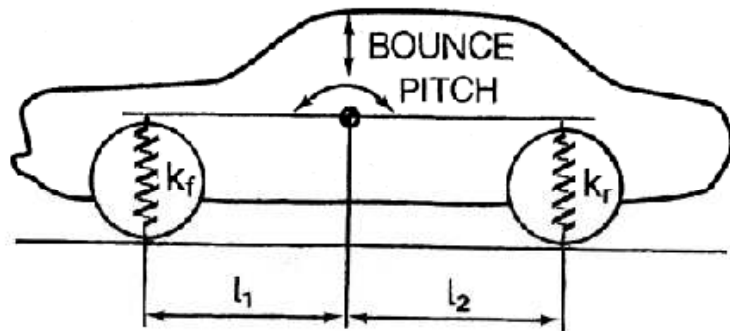


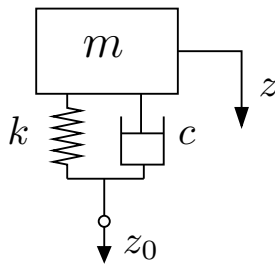
Fig. 3.1 Forces acting on a two-axle vehicle.

Bilen har massan 1600 kg och kör på en plan väg. Axelavståndet är 2.7 m och tyngdpunkten ligger 1.3 m bakom framaxeln. Givet är: $h_a = h_d = h = 0.5 \text{ m}$, $R_a + R_d = 280 \text{ N}$ och rullmotståndet försummas. Friktionskoefficienten mellan däck och underlag är $\mu = 0.9$.

- a) Antag att den framåt drivande kraften $F = F_f + F_r$ är känd. Bestäm normalkrafterna W_f och W_r som funktion av F . (2 poäng)
- b) Bestäm maximal acceleration om bilen är bakhjulsdriven. (4 poäng)
2. Figuren på nästa sida visar en modell med två frihetsgrader för att studera hopp- och nickrörelser.
- (a) Ställ upp differentialekvationerna som beskriver bilens rörelser, givet att massa m_s , tröghetsmoment I_y och alla konstanter i figuren är kända. (3 poäng)
- (b) Utgå från a)-uppgiften för att bestämma villkoret för att rörelsen ska kunna delas upp i en vertikal oscillation och en roterande oscillation med centrum i tyngdpunkten. (3 poäng)

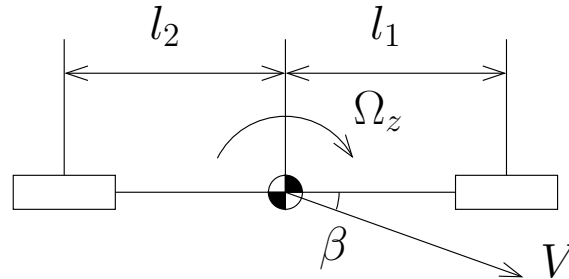


3. Figuren i bilagan visar hur skillnaden mellan avdriftsvinklarna $\alpha_f - \alpha_r$ beror av a_y/g vid stationära förhållanden.
- Antag att bilen håller konstant hastighet 60 km/h och att axelavståndet är 2.7 m . Rita in en hjälplinje i figuren så att styrvinkeln δ_f kan avläsas givet a_y/g . (3 poäng)
 - Vad är styrvinkeln om kurvradien är 80 m ? Markera var i figuren du läser av värdet och glöm inte att lämna in figuren. (3 poäng)
4. Betraka borstmodellen för ett däck vid kurvtagning. Givet är: Längden på kontaktytan $l_t = 14 \text{ cm}$, normalkraften $W = 2500 \text{ N}$, styvheten $k'_y = 18 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ och friktionskoefficienten $\mu_p = 0.9$. Bestäm längden på eftersläpningen (eng. pneumatic trail) om avdriftsvinkeln är $\alpha = 2^\circ$. (6 poäng)
5. Betrakta en kvartbilsmodell med en fjädrad massa $m_s = 300 \text{ kg}$, en fjäder med styvhet $k = 25 \text{ kN/m}$ och en dämpare med dämpkoefficient $c = 2 \text{ kNs/m}$.



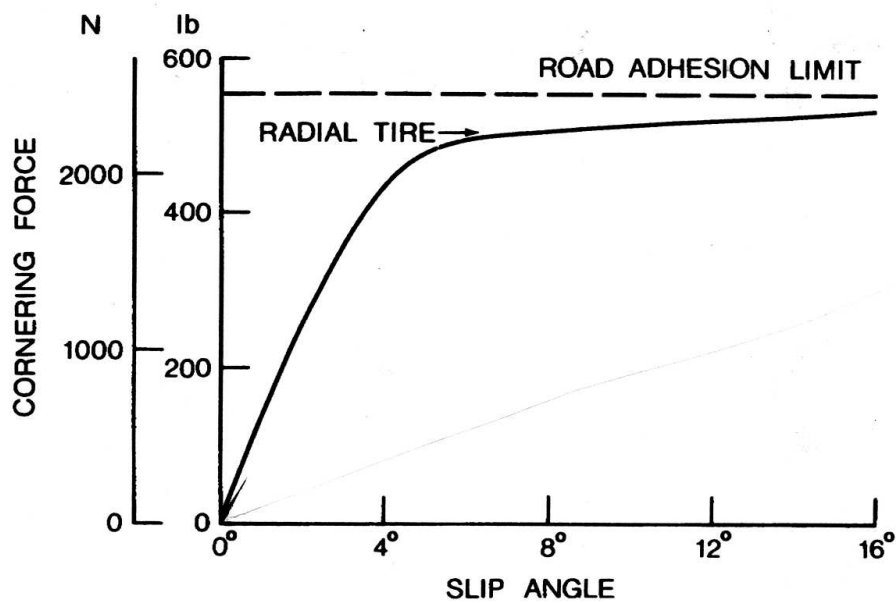
Bilen färdas med hastigheten 60 km/h på en sinusformad väg med våglängd 15 m och amplitud of 12 mm . Bestäm amplituden på den fjädrade massan.

6. Betrakta följande tvåhjulmodell



där vi har antagit att styrvinkeln δ_f är noll. Antag att $l_1 = 1.3 \text{ m}$, $l_2 = 1.4 \text{ m}$, girhastigheten Ω_z är noll och att vinkeln β mellan bilens symmetriaxel och hastighetsvektorn är 4 grader.

Sidkraften för ett däck (en bil har fyra) som funktion av avdriftsvinkeln ges av följande figur:



- Beräkna $I_z \dot{\Omega}_z$ om samtliga hjul rullar fritt. (3 poäng)
- Antag att bakhjulen bromsas med 50% av den maximala bromskraften. Använd friktionsellipsen för att beräkna vad $I_z \dot{\Omega}_z$ blir i detta fall. (4 poäng)

7. Betraktar en bil med massa 1200 kg och axelavstånd 2.7 m . Tyngpunkten ligger 1.3 m bakom främre hjulaxel och 0.5 m ovanför marken.
- a) Beräkna understyrningsgradienten om sidkraftskoefficienterna är $C_{\alpha f} = C_{\alpha r} = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$.(2 poäng)
- b) Vad är det största värde som förstärkningen $G_{yaw} = \Omega_z / \delta_f$ kan anta?(4 poäng)
8. Betraktar samma bil som i föregående uppgift, men nu vid inbromsning. Man vet att med en bromskraftsfördelning 65% fram och 35% bak så låser sig båda hjulparen samtidigt. Bestäm bromskraftsfördelningen så att främre hjulen låser sig först och vid en ytterligare ökning av retardationen på 5% så låser sig även bakhjulen. Försumma luft- och rullmotståndet och anta att glidfriktionen är samma som vilofriktionen.(7 poäng)

1. The figure shows the forces acting on vehicle during acceleration

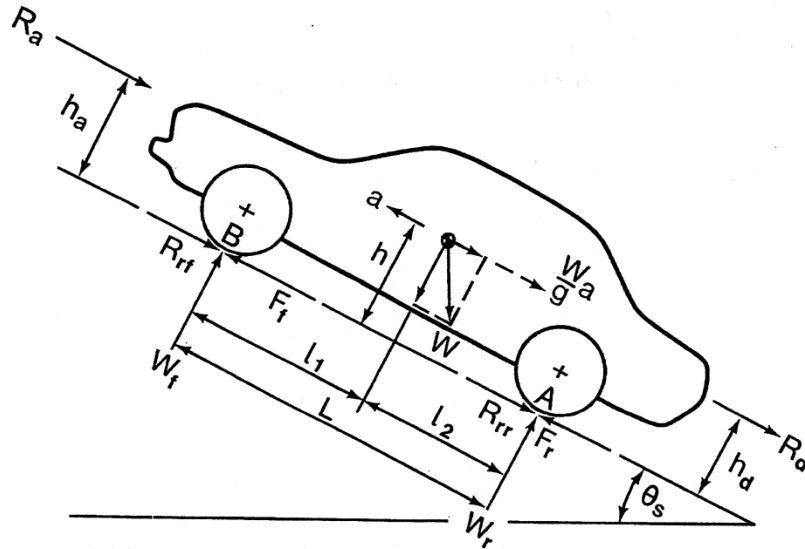
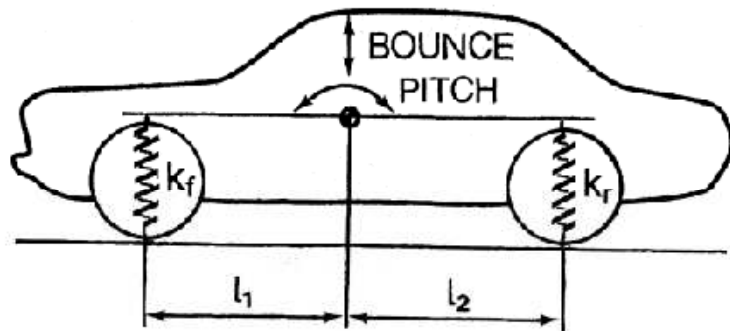


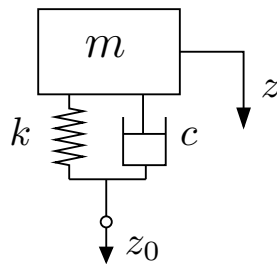
Fig. 3.1 Forces acting on a two-axle vehicle.

The vehicle weighs 1600 kg and is driving on level road. It has a wheelbase of 2.7 m and the center of gravity is located 1.3 m behind the front axle. Known data are: $h_a = h_d = h = 0.5 \text{ m}$, $R_a + R_d = 30 \text{ N}$, and the rolling resistance is neglected. The coefficient of road adhesion is $\mu = 0.9$.

- a) Assume that the propelling force $F = F_f + F_r$ is known. Determine the normal forces W_f and W_r as a function of F . (2 poäng)
 - b) Calculate the maximal acceleration for a rear driven car (4 poäng)
2. The figure on the next page shows a ride model for bounce and pitch.
 - (a) Formulate the differential equations governing the bounce and pitch motions. The vehicle mass m_s , the mass moment of inertia I_y , and all parameters in the figure are assumed to be known. (3 poäng)
 - (b) Use the result in a) to derive the condition when bounce and pitch are uncoupled, i.e. the oscillation can be decoupled into a vertical oscillation and a rotational oscillation around the center of gravity. (3 poäng)

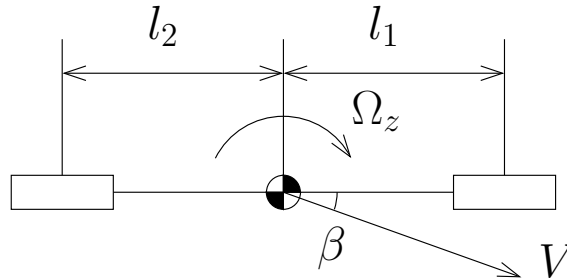


3. The figure in the appendix shows how the difference between the slip angles $\alpha_f - \alpha_r$ depends on a_y/g under stationary conditions.
 - a) Assume that the velocity of the vehicle is constant 60 km/h and has a wheelbase of 2.7 m . Draw a line that allows you to determine the steer angle δ_f given a_y/g . (3 poäng)
 - b) Determine the steer angle if the curve radius is 80 m ? Mark in the figure which values you used and don't forget to hand in the figure. (3 poäng)
4. Consider the brush model for a tire during cornering. Known data are: Length of the contact patch $l_t = 14 \text{ cm}$, normal load $W = 2500 \text{ N}$, stiffness $k'_y = 18 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, and friction coefficient $\mu_p = 0.9$. Determine the length of the pneumatic trail if the slip angle is $\alpha = 2^\circ$. (6 poäng)
5. Consider a quarter-car model with a sprung mass $m_s = 300 \text{ kg}$, a spring with stiffness $k = 25 \text{ kN/m}$, and a damper with coefficient $c = 2 \text{ kNs/m}$.



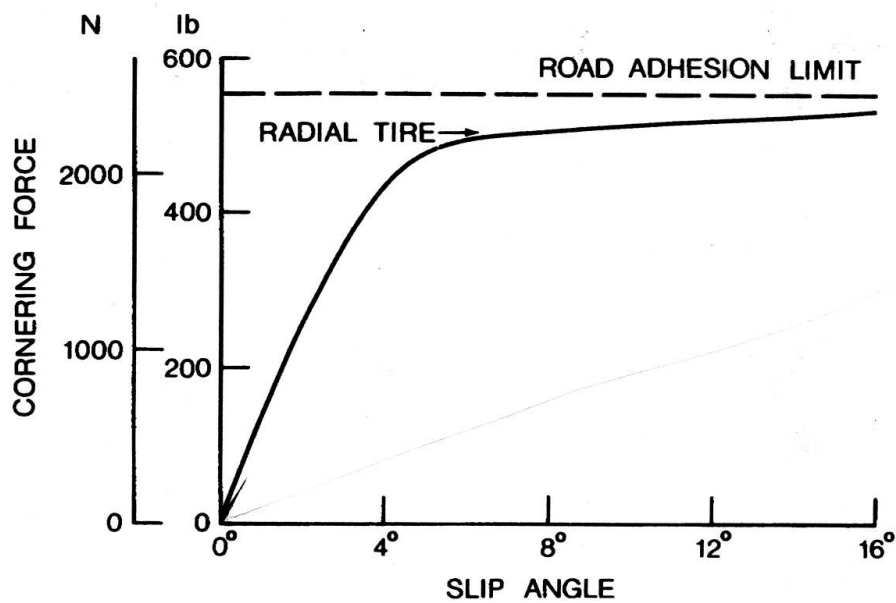
The car is traveling at 60 km/h on a sinusoidal road with wavelength 15 m and amplitude of 12 mm . Determine the amplitude of the sprung mass. (6 poäng)

6. Consider the following two-wheel model



where where we have assumed that the steering angle δ_f is zero. Assume that $l_1 = 1.3 \text{ m}$, $l_2 = 1.4 \text{ m}$, yaw velocity Ω_z is zero and that angle β is 4 degrees.

The cornering force for one tire (a car has four) is given as a function of the slip angle by the following figure:



- Compute $I_z \dot{\Omega}_z$ if no longitudinal force is applied. (3 poäng)
- Assume that the 50% of the maximum braking force is applied to the rear wheels. Use the friction ellipse to compute $I_z \dot{\Omega}_z$ in this case. (4 poäng)

7. Consider a car that weighs 1200 kg and with wheelbase 2.7 m . The center of gravity is located 1.3 m behind the front axle and 0.5 m above the ground.
- Compute the understeer coefficient if the cornering stiffness are $C_{\alpha f} = C_{\alpha r} = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$.(2 poäng)
 - Determine the maximum yaw velocity gain $G_{yaw} = \Omega_z / \delta_f$.(4 poäng)
8. Consider the same car as in the previous problem but now during braking. Assume that the front and back wheel will lock up at the same time with a brake distribution with 65% at the front and 35% at the rear. Determine a brake distribution such that the front wheel will lock first and then with an additional increase of the deceleration of 5% the back wheel will lock up as well. You can neglect the air and the rolling resistance and assume that peak and sliding values of the coefficient of road adhesion are the same.(7 poäng)

Bilaga

