

Tentamen

TSFS 02 Fordonsdynamik med reglering
20 oktober, 2008, kl. 14–18

Hjälpmedel: Miniräknare.

Ansvarig lärare: Jan Åslund, 281692.

Totalt 50 poäng.

Betygsgränser:

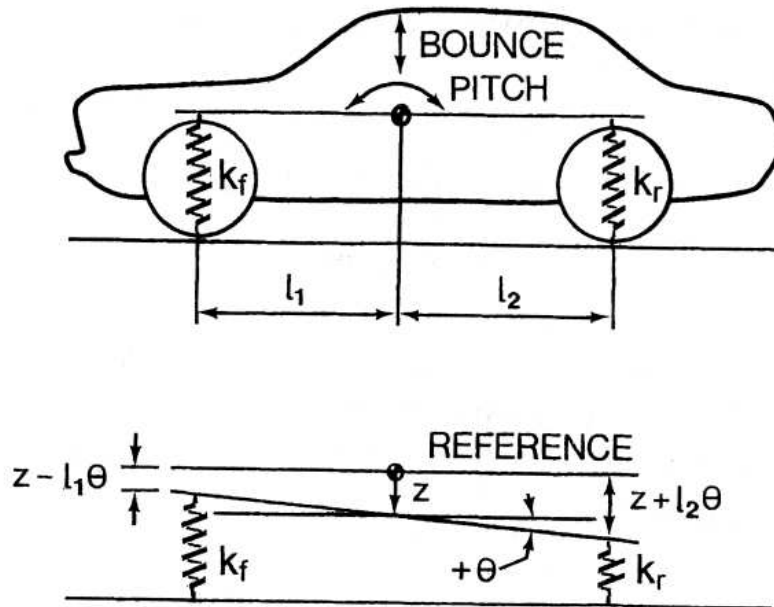
Betyg 3: 23 poäng

Betyg 4: 33 poäng

Betyg 5: 43 poäng

1. Studerar borstmodellen för ett drivande hjul. Antar att tryckfördelningen är konstant i kontaktytan och att det är olika friktionskoefficienter i vilorep. glidzonen. Givet är: kontaktytans längd $l_t = 15 \text{ cm}$, normalkraften $W = 5000 \text{ N}$, sidstyvheten $k_t = 15 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, longitudinellt slipp $i = 4\%$, vilofriktion $\mu_p = 0.8$ och glidfriktion $\mu_s = 0.7$.

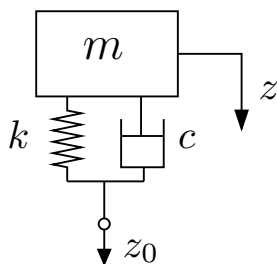
 - Bestäm hur den framåt drivande kraften per längdenhet dF_x/dx varierar i kontaktytan. (3 poäng)
 - Bestäm den longitudinella kraften F_x . (3 poäng)
2. Figuren visar en modell med två frihetsgrader för att studera hopp- och nickrörelser.



- (a) Ställ upp differentialekvationerna som beskriver hopp- och nickrörelserna, givet att alla konstanter i figuren, massan m_s och tröghetsmomentet I_y är kända. (3 poäng)

(b) Använd ekvationerna för att bestämma villkoret för när hopp- och nickrörelserna är okopplade. (3 poäng)
3. En bil kör i en cirkel och håller hastigheten 50 km/h . Bilens girhastighet är 0.1 rad/s . Vad blir girhastigheten om styrvinkeln minskas med 20% och hastigheten är oförändrad? (6 poäng)

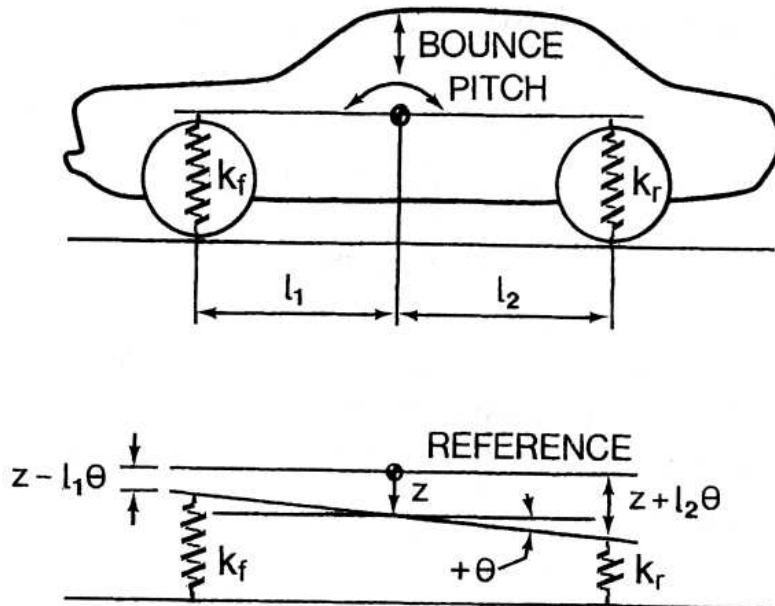
4. Betraktar en dragbil med semitrailer. Dragbilen väger 6000 kg och tyngdpunkten ligger mitt mellan fram- och bakaxeln. Semitrailern väger 30000 kg och tyngdpunkten ligger 8 m bakom dragbilens bakaxel. Avståndet mellan dragbilens axlar är $L_t = 4 \text{ m}$ och avståndet mellan dragbilens och semitrailerns bakaxlar är $L_s = 10 \text{ m}$. Sidkraftskoefficienterna för dragbilens hjulpar är $C_{\alpha_f} = C_{\alpha_r} = 3.4 \cdot 10^5 \text{ N/rad}$ och för $C_{\alpha_s} = 6.8 \cdot 10^5 \text{ N/rad}$ för semitrailerns hjulpar. Avgör om man riskerar "jackknifing" eller "trailer swing", samt vid vilken hastighet detta sker i så fall. (6 poäng)
5. Förklara hur en friktionsellips konstrueras. Var noga med att specificera vad som antas vara känt. (6 poäng)
6. En bil med massa 2000 kg kör i en cirkel med radie 100 m och håller hastigheten 70 km/h . De laterala krafterna för främre resp. bakre hjulpar som funktion av avdriftsvinkeln ges av figuren i bilagan. Bilens axelavstånd är 2.6 m och tyngdpunkten ligger 1.2 m bakom främre hjulaxel. Bestäm styrvinkeln. Markera i figuren vilka värden du läser av och glöm inte att lämna in figuren. (6 poäng)
7. Betraktar en kvartbilsmodell med en fjädrad massa $m = 450 \text{ kg}$, en fjäder med fjäderkonstant $k = 25 \text{ kN/m}$ och en dämpare med dämpkonstant $c = 2 \text{ kNs/m}$.



Bilen kör på en sinusformad väg med våglängd 15 m och amplitud 10 cm . Undersök för vilka av hastigheterna, 50 km/h , 60 km/h och 70 km/h , som däckets tappas kontakt med marken. (7 poäng)

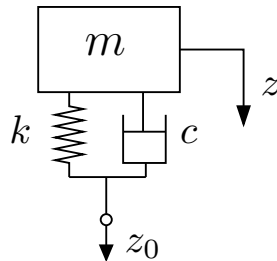
8. Betraktar en bil med axelavstånd 2.7 m och med tyngpunkten 1.3 m bakom främre hjulaxel och 0.5 m ovanför marken. Givet en bromskraftsfördelningen med 60% fram och 40% bak, vad är kortaste möjliga bromssträcka om inget hjul får låsa sig? Friktionskoefficienten mellan däck och underlag är $\mu = 0.8$ och bilen initialt har hastigheten 50 km/h . Försummar lutning, rull- och luftmotstånd. (7 poäng)

- Consider the brush model for a tire under the action of a driving torque. Assume that the normal pressure is uniformly distributed and that there are different friction coefficients in the adhesion and sliding regions respectively. Known data are: Length of the contact patch $l_t = 15 \text{ cm}$, normal load $W = 5000 \text{ N}$, tangential stiffness $k_t = 15 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, longitudinal slip $i = 4\%$, coefficient of friction in the adhesion region $\mu_p = 0.8$, and coefficient of friction in the sliding region $\mu_s = 0.7$.
 - Determine how the tractive force per unit contact length, dF_x/dx , varies in the contact patch. (3 points)
 - Determine the tractive force F_x . (3 points)
- The figure shows a two-degree-of-freedom ride model for bounce and pitch



- Write down the differential equation for pitch and bounce. Assume that all constants in the figure, the mass m_s , and the mass moment of inertia I_y are known. (3 points)
 - Use the equations to derive the condition for when the bounce and pitch motions are uncoupled. (3 points)
- A car is traveling in a curve with a constant speed 50 km/h . The yaw velocity is 0.1 rad/s . Determine the yaw velocity if the steer angle is decreased by 20% and the speed is unchanged. (6 points)

4. Consider a tractor and semitrailer. The tractor weighs 6000 kg and the center of gravity is located in the middle of the front and rear axle. The semitrailer weighs 30000 kg and the center of gravity is located 8 m behind the rear axle of the tractor. The distance between the front axle and the rear axle of the tractor is $L_t = 4 \text{ m}$, and the distance between the rear axle of the tractor and the rear axle of the semitrailer is $L_s = 10 \text{ m}$. The cornering stiffness for the pair of tires on the tractor are $C_{\alpha_f} = C_{\alpha_r} = 3.4 \cdot 10^5 \text{ N/rad}$ and $C_{\alpha_s} = 6.8 \cdot 10^5 \text{ N/rad}$ for the rear axle of the semitrailer. Determine if jackknifing or trailer swing can occur, and at which speed this will occur in such a case. (6 points)
5. Explain how a friction ellipse is constructed. Take care to specify which data that are assumed to be known. (6 points)
6. A car that weighs 2000 kg is traveling in a curve with radius 100 m at a constant speed 70 km/h . The lateral forces for the pair of tires at the front axle and the rear axle, respectively, as a function of the slip angle are shown in the attached figure. The wheelbase is 2.6 m and the center of gravity is located 1.2 m behind the front axle.
Determine the steer angle. Mark in the figure which values you used and don't forget to hand in the figure. (6 points)
7. Consider a quarter-car model with a sprung mass $m = 450 \text{ kg}$, a spring with stiffness $k = 25 \text{ kN/m}$ and a damper with damping coefficient $c = 2 \text{ kNs/m}$.



The car is traveling over a sinusoidal road with wavelength of 15 m and amplitude of 10 cm . Determine for which of the speeds, 50 km/h , 60 km/h and 70 km/h , the tire will lose contact with the ground. (7 points)

8. Consider a car with a wheelbase 2.7 m and with the center of gravity located 1.3 m behind the front axle and 0.5 m above the ground. Given a brake force distribution with 60% at the front axle 40% at the rear axle. Determine the shortest possible braking distance that can be achieved without tire lock-up. The coefficient of road adhesion is $\mu = 0.8$ and the initial speed is 50 km/h . Road gradient, rolling and aerodynamic resistance are neglected. (7 points)

Bilaga

