

Tentamen i HL2035 Biomekanik och Neuronik

Den 12 januari 2016 klockan 14.00 – 18.00

För godkänt krävs 1/2 av poängen. *1/2 of the points are needed to pass this exam.*
Inga hjälpmedel i form av böcker, anteckningar, text eller bilder.
You may not use aids such as books, notes, text or images.

Finita Element Metoden (FEM)

1.

a) I FEM används de två begreppen "svaga" och "starka" formuleringar; vad menas med dessa två begrepp? *In FEM the two concepts "weak" and "strong" formulations are used; what is meant with these two concepts?* 2 p

b) När är det lämpligt att använda den statiska finita elementmetoden (FEM) och när är det motiverat att gå över till dynamiska beräkningsmetoder? Ge två exempel på lämpliga användningsområden, ett för statisk FEM och ett för dynamisk FEM! *When is it appropriate to use the static finite element method (FEM) and when is it motivated to switch to dynamic methods? Give two examples of appropriate applications, one for static FEM and one for dynamic FEM!* 4 p

2. Du har fått i uppgift att analysera vilken skada snabba batongslag orsakar på en arm. Till ditt förfogande har du ett dynamiskt finitelementprogram för att göra en modell. *You have been given the assignment to analyze what damage an impact from a baton would cause on a human arm. You have access to a dynamic finite element code to develop a model.*

a) Beskriv kortfattat vilka av armens vävnader som du kommer att modellera. Motivera! *Describe briefly which of the tissues in the arm that you will model. Motivate!* 2 p

b) Rita upp och beskriv hur modellen skulle vara uppbyggd. Motivera val av elementtyper! *Draw and describe how the model will be constructed. Motivate your choice of element types!* 2 p

c) Vilka material egenskaper skulle du tilldela elementen för respektive vävnad? Ange max 2 egenskaper av följande: viskoelastiskt, olinjärt, anisotropt eller inhomogent. *Which material properties would you assign to the elements for each tissue? Give max 2 properties of the following for each tissue: viscoelastic, nonlinear, anisotropic or inhomogeneous.* 2 p

d) Hur kan du uppskatta det numeriska felet i simuleringen? *How can you estimate the numerical error in the simulation?* 2 p

Medicinska grunder

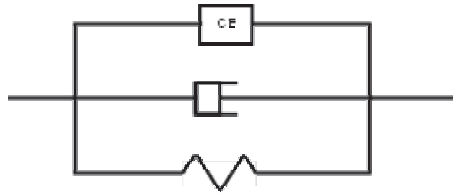
3. Kroppen kommunicerar med cellerna genom framför allt två olika system. Namnge båda dessa och deras verkan samt gemensamma drag. *The human body communicates with the cells through mainly two different systems. Name both of them and define some of their function as well as their common characteristics.* 3 p

4. Nervsystemet består av en central och en perifer del. Namnge vad som ingår i varje del och deras egenskaper. *The central nervous system consists of a central and a peripheral part. Define what is included in each of the two parts and some characteristics.* 2 p

5. Det centrala nervsystemet kan anatomiskt definieras som fyra olika delar. Vänligen rita en schematisk figur av dessa fyra delar men hänvisningar. *The central nervous system can anatomically be defined as four different parts. Please draw a schematic figure of the four main parts.* 2 p

Biologiska materials mekanik

6. Du har fått i uppdrag att experimentellt utvärdera ett antal olika hjälmkoncept. Vilka mätdata skulle du använda för att prediktera nedanstående huvudskador? Motivera varför du väljer de linjära accelerationerna, rotationsaccelerationer, krafter eller hastigheter. *Your assignment is to evaluate a number of helmet concepts experimentally. What data would you chose to predict the head injuries listed below? Motivate why you chose the linear accelerations, rotational accelerations, forces or velocities.*
- a) Skallbensfraktur. *Skull fracture.* 2 p
 - b) Hjärnskakning. *Concussion.* 2 p
 - c) Subdural blödning. *Subdural hematoma.* 2 p
- 7.
- a) Namnge och beskriv tre olika frakturer i nacken. Beskriv också hur dessa skador kan uppkomma. *Describe three types of fractures in the cervical spine. Also, describe what loads that could have caused these injuries.* 2 p
 - b) Beskriv anatomin för disken mellan kotorna, samt hur den arbetar under last. Ge också exempel på hur disken kan skadas. *Describe the anatomy in the cervical disc. Also, describe how the disc behaves during loading and how it can be damaged.* 2 p
- 8.
- a) Skissa spännings-töjningskurvan för de två följande ligamenten i samma graf. Låt x-axeln gå från 0 till 70%.
 - i) Främre korsbandet (ligament med vit färg)
 - ii) Ligamentum flavum (ligament med gul färg)*Draw the stress-strain for the two following ligaments in the same graph. Let the x-axis go from zero to 70%.*
 - i) Anterior cruciate ligament (the ligament has a white color)
 - ii) Ligamentum flavum (the ligament has a yellow color) 4p
 - b) Främre korsbandet (i) har en hög halt av en viss specifik fiber. Vad heter fibern? *The anterior cruciate ligament (i) has a high content of one specific fiber. What is the name of this fiber?* 1p
 - c) Ligamentum flavum (ii) har en mycket högre halt av en annan specifik fiber jämfört med det främre korsbandet (i). Vad heter denna fiber? *The ligamentum flavum (ii) has a much higher content of another specific fiber compared to the anterior cruciate ligament (i). What is the name of this fiber?* 1p
9. Kontraktionen av en muskelfiber härstammar från interaktionen mellan två proteiner (också kallade myofilament) i funktionella enheter, kallade sarkomerer. *The contraction of a muscle fiber comes from the interaction between two proteins (also called myofilaments) within functional units called sarcomeres.*
- a) Nämn dessa två proteiner samt på vilket sätt de ger upphov till en förkortning av fibern (inte den kemiska processen). *Name these two proteins and also in what way they produce a shortening of the fiber (not the chemical process).* 2 p
 - b) Vad är det som begränsar hur mycket en sarkomer kan förkortas respektive förlängas? *What limits the amount to which the sarcomere can shorten and elongate, respectively?* 2 p
10. Figuren nedan beskriver ett Hill element som används för att modellera muskler där den aktiva kraftgenereringen beskrivs av "CE" komponenten. Beskriv vilka tre förhållanden som inkluderas i denna komponent. *The figure below describes a basic Hill-type element used for modelling muscles where the active force generation is described by the "CE" component. Describe what three relationships are included in this component.* 2 p



11. Maxwell-, Kelvin- och Standard Linear Solid- modellerna beskrivs som linjärt viskoelastiska. Vad menas med detta, vad är det för förhållanden som är linjära?
The Maxwell-, Kelvin- and Standard Linear Solid- models are described as linear viscoelastic. What is meant by this, what relationships are linear?

2p

12. Nedstående första ordningens ordinära differential ekvationer beskriver töjnings-spännings förhållandet för *The following first order ordinary differential equations describing the stress-strain relationship for the*

Maxwell model:
 och /and the

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E_1} + \frac{\sigma}{\eta}$$

Kelvin model:

$$\sigma = E_1 \cdot \epsilon + \eta \cdot \dot{\epsilon}$$

Hitta relaxations-lösningen för bägge modeller och använd dem för att förklara fördelar och nackdelar med att använda endera modell för att beskriva relaxationsbeteende.

Find the relaxation solution for the two models and use them to explain the drawbacks and benefits in using either model for relaxation behaviour.

4 p

13. Benvävnad består av olika celler som styr bildningen av den. Nämn cellerna och beskriv deras funktion. *Bone tissue is composed of different cells that govern its development. Name the cells and describe their function.*

2 p

14. Du är ingenjör på ett svenskt bilföretag och har skapat en finit element modell av ett ben för simulering av krockförlopp. I din modell är ben ett transversellt isotropt material, definierad som följande:

You are an engineer employed by a car company and has developed a finite element model of a bone for crash simulations. In your model bone is a transversally isotropic material, defined as following:

$$\begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_t & -\nu_t/E_t & -\nu_f/E_f & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_t/E_t & 1/E_t & -\nu_f/E_f & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_f/E_f & -\nu_f/E_f & 1/E_f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_f & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2(1+\nu_t)/E_t \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{31} \\ \tau_{12} \end{pmatrix}$$

- a) Hur många styvhetskomponenter behövs för att du skulle kunna beskriva materialet fullständigt i 3 dimensioner? Vilka? *How many stiffness components are needed to completely describe the material in three dimensions? Which ones?*

1 p

- b) I fallet av equi-biaxial belastning $\sigma_1 = \sigma_2 = 5$ MPa och följande data

In case of equi-biaxial loading $\sigma_1 = \sigma_2 = 5$ MPa and the following data

$$\begin{aligned} E_t &= 17.0 \text{ GPa} & G_t &= 6.5 \text{ GPa} \\ E_f &= 11.5 \text{ GPa} & G_f &= 4 \text{ GPa} \\ \nu_f &= 0.2 \end{aligned}$$

Beräkna töjningarna $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \gamma_{12}, \gamma_{23}, \gamma_{31}$.

Calculate the deformation matrix $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \gamma_{12}, \gamma_{23}, \gamma_{31}$

1 p

15. För att kartlägga benets mekaniska egenskaper kan man bl.a. utföra dragprov. Rita karakteristiska spännings-töjnings kurvor för en provstav av ben i spänning (från 0 till brott) för växande töjningshastighet. Använd töjning på x-axeln och spänning på y-axeln. Rita alla kurvorna i samma figur och kommentera. *Tensile testing is often used to characterize the mechanical properties of bone. Draw characteristic stress-strain curves for a specimen of bone in tension (from 0 to failure) for increasing strain rate. Use strain on the abscissa (x-axes) and stress on the ordinate (y-axes). Draw all the curves in the same figure and comment.*

2 p

Energiabsorption

16. Skummaterial eller cellplaster används ofta som förpackningsmaterial och som innerdel i hjälmar. *Foam materials or cellular foams are often used as packaging materials and as inner shell in helmets.*

a) Beskriv de olika faserna då ett skummaterial deformeras. *Describe the different phases when a foam material deforms.*

2 p

b) Vad innebär skillnaden mellan öppen och sluten cellstruktur för skummaterial? *What is represented in the difference between open and closed cell foams?*

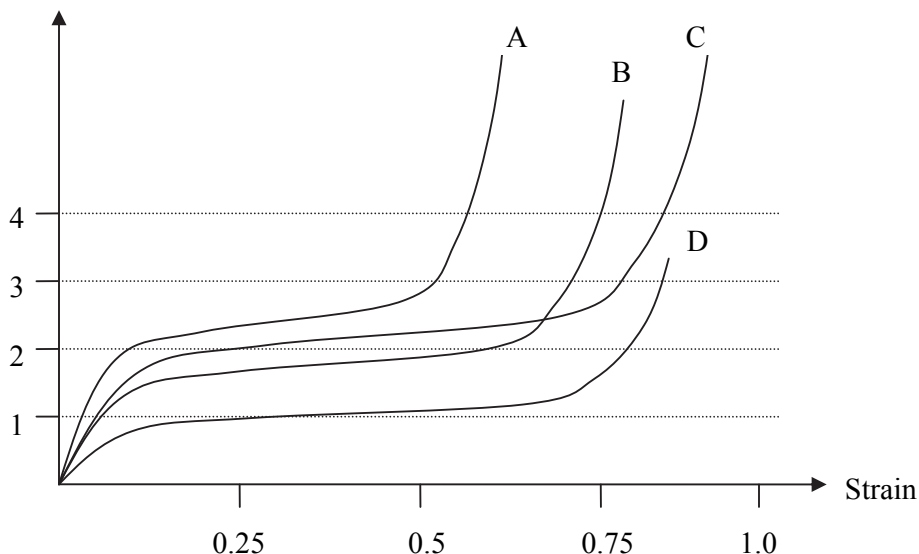
1 p

c) Beskriv hur man designar ett knäskydd. Skyddet skall användas av en in-line-åkare. Vi antar nu för enkelhetens skull att han åker rakt in i ett träd med 20km/h. Ett knä tål ca 5kN. Skyddet har en anläggningsyta vid islaget om 5*5cm. Knäet väger (inklusive bidrag från övriga kroppen ca 5kg). Vilket skum bör man använda av de i figuren nedan, A, B, C eller D?

*You should design a knee protection for an in-line skater. The skater hits a tree with a velocity of 20kmph and the impact area is 5*5cm. The knee can withstand a force of 5kN. The weight of the knee is about 5kg. Which foam material A, B, C or D, in the Figure below, should one choose?*

3 p

Compressive Stress (MPa)



Lycka till!