

MAL SENSORVEILEDNING

Sensorveiledning utarbeides av den/de som lager oppgavesettet til den aktuelle eksamen og utarbeides samtidig med eksamensoppgaven.

Sensorveiledningene skal være tilgjengelige for studentene etter at karakterer er fastsatt, jf. UH-loven § 5-3 (3) - <https://lovdata.no/lov/2005-04-01-15/§5-3>.

Generell info

Emneinformasjon

Emnekode:THP204

Emnenavn:Metabolisme

Studieår semester:2026
Vår

Studiepoeng: 10

Emneansvarlig: Jørgen
Jensen

Eksamenstype:
Skoleeksamen 3 timer.

Malen tilpasses eksamenstype/vurderingsform.

Dokumenter som skal være tilgjengelig for sensor i sensorveiledningen

– Eksamensoppgave (unntatt flowMulti og flervalgsoppgaver)

– Lenke til emnebeskrivelse

<https://www.nih.no/studier/emner/2026/var/thp204.html>

– Informasjon som er gitt til studentene om den konkrete eksamen:

Eksamenssettet vil være tilsvarende tidligere oppgavesett.

Forslag til disposisjon av de 3 timer som er til rådighet: Bruk ca. 30 min på hver besvarelse.

Det er mulig å inkludere tegninger i besvarelsen.

Læringsutbytte

Hvilke læringsutbyttebeskrivelser er eksamensoppgaven knyttet til?

gjøre rede for hvordan kroppen metaboliserer energisubstrater

forklare hvordan forskjellige organer bidrar til metabolsk regulering og hvordan enzymer virker

vurdere hvordan ernæringen bidrar til helse og sykdom

beskrive hvordan kroppen metaboliserer karbohydrat, fett og proteiner

Pensum/fagstoff

Oppgavesettet omfatter hele pensum.

Undervisning

Temaer og pensum for timene:

Uke 2.	Introduksjon til Metabolisme – «Energy for life» og repetisjon (Energiomsetning): Glykolysen og Krebs syklus.
Uke 2.	Aminosyrer og definisjon av syrer (Kapittel 1)
Uke 3.	Oppbygging av proteiner (Kapittel 2 – lidt fra Kapittel 3 & 4)
Uke 4.	Enzymer og regulering av enzymaktivitet (Kapittel 5)
Uke 5.	Energi og Oksidativfosforylering (Kapittel 6)
Uke 7.	Karbohydrater & glykolysen (Kapittel 7 & 8)
Uke 9.	Krebs syklus (Kapittel 9)
Uke 10.	Glukoneogenese (Kapittel 10)
Uke 11.	Glykogenmetabolisme (Kapittel 11)
Uke 12.	Lipolyse (Kapittel 15)
Uke 13.	De novo lipogenese (Kapittel 16)
Uke 14.	Protein metabolisme (Kapittel 19 & 20)
Uke 17.	Metabolske effekter av insulin og glukagon (Kapittel 23)
Uke 18.	Faste – spise syklus (Kapittel 24)
Uke 19.	Diabetes & Overvekt/Obesity (Kapittel 25 & 26)

Fasit/Løsningsforslag/ Vurderingskriterier

Oppgave 1. Kortsvarsoppgaver. Hvert spørsmål kan gi et poeng. Spørsmålene kan besvares med et enkelt ord eller en setning.

- 1) Hva beskriver Gibbs frie energi? **Svar:** Energien som er tilgjengelig til å utføre arbeid.
- 2) Hvilken funksjon har fosfataser? **Svar:** Fjerner fosfat-gruppe fra proteiner og andre molekyler.
- 3) Hva betyr det at et enzym har høy affinitet for substratet? **Svar:** Lav K_M ; binder substratet ved lave konsentrasjoner.
- 4) Hva er trypsinogen? **Svar:** Inaktiv «forløper» (zymogen) som omdannes til trypsin.

- 5) Hva kjennetegner en mettet fettsyre? **Svar:** Ingen dobbeltbindinger, kun enkeltbindinger mellom karbonatomene.
- 6) Er type 2 diabetes en autoimmun sykdom? **Svar:** Nei.
- 7) Hva er HbA_{1c} et mål for? **Svar:** Gjennomsnittlig blodsukker (glukose) konsentrasjon over uker. «Langtidssukker».
- 8) Hva hedder enzymer som nedbryter proteiner? **Svar:** Proteaser eller proteinaser.
- 9) Dannes adrenalin fra aminosuren tryptofan? **Svar:** Nei
- 10) Er aminosyrer nødvendige for å danne kreatin (som brukes for å danne kreatinfosfat)? **Svar:** Ja
- 11) Hvilken funksjon har glykogen fosforylase? **Svar:** Nedbryter glykogen (til glukose 1-fosfat.
- 12) Nevn et enzym som aktiveres av fruktose 2,6-bisfosfat. **Svar:** Fosfofruktokinase-1 (PFK-1).
- 13) Nevn en funksjon til kolesterol. **Svar:** F.eks. Del av cellemembranen; steroidhormoner.
- 14) Hvilken reaksjon katalyserer acetyl-CoA karboxylase (ACC)? **Svar:** Acetyl-CoA → Malonyl-CoA er tilstrekkelig.
- 15) Kan muskler oksidere ketonlegemer **Svar:** Ja
- 16) Nevn en funksjon til VLDL. **Svar:** Transporterer triglycider fra leveren til fettvev.

Oppgave 2. Kortsvarsoppgaver. Hvert spørsmål kan gi to (2) poeng. Spørsmålene kan besvares med en eller to setninger.

- 1) Forklar hvordan enzymer virker. **Svar:** Det skal nevnes at enzymer katalyserer reaksjoner ved å redusere aktiveringsenergien. Det kan også nevnes at enzymer er spesifikke.
- 2) Nevn to forgreinede aminosyrer. **Svar:** Forgreinete aminosyrer: Leucin, isoleucin eller valin.
- 3) Beskriv PKA. **Svar:** Det kan nevnes at PKA er en heterotetramer som aktiveres av cAMP hvorved de katalytiske subenheterne frigjøres og fosforylerer proteiner. PKA er en kinase. To sentrale ting om PKA skal nevnes for 2 poeng.
- 4) Nevn to steder i kroppen hvor forskjellige lipaser katalyserer reaksjoner. **Svar:** Tarmen, blodet (LPL) og fettceller
- 5) Hvordan er fettsyrer oppbygget? **Svar:** En carboxyl-gruppe og hydro-karbonkjede.
- 6) Hvordan reguleres aktiviteten av enzymer? **Svar:** kovalent (fosforylering), allosterisk, ekspresjon, translokasjon. pH aksepters også. 2 poeng: 3 reguleringsmåter.
- 7) Hvilken reaksjon katalyserer ATP sitratlyase? **Svar:** Sitrat + ATP + CoA (+H₂O) → oxaloacetat + acetyl-CoA + ADP + P_i. Det er tilstrekkelig for 2 poeng å svare: Sitrat → oxaloacetat + acetyl-CoA.
- 8) Nevn to hormoner som regulerer sult/metthetsfølelse ? **Svar:** F.eks. leptin og ghrelin.

Oppgave 3. De fire underspørsmål teller 4 poeng hver. Det forventes et forholdsvis grundig svar, men ikke at alle detaljer forklares.

- a) Forklar hvordan proteiner er oppbygget og får form. **Svar:** Det skal forklares at proteiner er oppbygget av aminosyrer vha. peptidbindinger. Det skal forklares at proteiner har en struktur som dannes vha. primær, sekundær, tertiær, kvartær struktur. α-helix og β-sheet skal nevnes. Hydrogen- og disulfidbindinger bidrar også til struktur.
- b) Forklar kort hvordan ATP syntese dannes i mitokondriene. **Svar:** NADH leverer elektroner elektron transportkjeden. Elektronene transporteres gjennom kompleks I, kompleks III og videre til kompleks IV samtidig som protoner pumpes ut av mitokondrienes matriks og det dannes en elektrokjemisk gradient. Den elektrokjemiske gradient gir energi til ATP syntesen. Elektronene binder seg til O₂ og danner H₂O i kompleks IV.

- c) Beskrive kort glykolyzen: **Svar:** Det skal forklares at glykolyzen er en rekke reaksjoner (10) som omdanner glukose til 2 pyruvat-molekyler og det syntetiserer 2 ATP molekyler og to NADH. Det bør nevnes at glykolyzen foregår i cytosol og klargjør glucose for fullstendig oksidasjon i mitokondriene. Det kan nevnes at glykolyse kan foregå anaerobt hvorved pyruvat reduseres til laktat. Enkelte av de sentrale reaksjoner i glykolyzen bør nevnes med det forventes ikke at alle 10 metabolitter og enzymer nevnes.
- d) Beskriv kort β -oksidasjonen. **Svar:** β -oksidasjonen er prosessen hvor karbonene i fettsyrer avspaltes som acetyl-CoA. Et par av enzymer som katalyserer β -oksidasjonen bør nevnes sammen et par intermediater. Det bør nevnes at to av enzymene er dehydrogenase som reduserer FAD og NAD^+ . Det bør nevnes at β -oksidasjonen foregår i mitokondriene og der fanges elektroner som inngår i elektrontransportkjeden.

Oppgave 4. De fire underspørsmål teller 4 poeng hver. Det forventes et forholdsvis grundig svar, men ikke at alle detaljer forklares.

- a) Forklar hvordan glykogen syntetiseres i muskler. **Svar:** Det skal forklares at glukose transporteres inn i cellen hvor glukose fosforyleres til glukose 6-fosfat. Reaksjonene glukose 6-fosfat $\rightarrow$ glukose 1-fosfat $\rightarrow$ UDP-glukose $\rightarrow$ glykogen skal beskrives og enzymene som katalyserer reaksjonene skal navngis.
- b) Forklar kort ureasyklus. **Svar:** Urea dannes i ureasyklusen fra arginine og reaksjonen katalyseres av arginase. I ureasyklusen gjenoppbygges ornitine til arginin. Det skal forklares at carbamoylfosfat og aspartate leverer nitrogen til ureasyklus. Det bør også nevnes at nitrogengrupper fra alle aminosyrer overføres til glutamat før de kan bidra til å danne urea. Spørsmålet kan kun gi 4 poeng og det forventes ikke en detaljert beskrivelse av ureasyklus.
- c) Forklar hvordan ketonlegemer dannes. **Svar:** Ketonlegemer dannes fra acetyl-CoA. De fire reaksjoner som omdanne to acetyl-CoA skal beskrives med metabolitter og enzymer.
- d) Forklar noen viktige endringer i metabolismen under faste. **Svar:** Under faste tilføres kroppen ikke energi og må bruke lagret energi (glykogen, fett og protein). Glykogenlageret i leveren brukes raskt (1 dag) mens fettlagrene er store. Fett kan omdannes til ketonlegemer i leveren som blir et viktig energisubstrat for hjernen under faste. Proteiner kan nedbrytes og aminosyrene blir substrat for glukoneogenese. Spørsmålet kan gi 4 poeng og det forventes kun at de viktigste endringer nevnes.

Oppgave 5 (16 poeng). Beskriv Krebs syklus. Besvarelsen skal nevne alle metabolitter i Krebs syklus og hvilke enzymer som katalyserer reaksjonene. Det skal nevnes hvilke enzymer som danner NADH og fraspalter CO_2 . Forklar videre hvordan aktiviteten av to dehydrogenaser i Krebs syklus reguleres.

Det er lov å tegne en figur som en del av besvarelsen.

Sensorveiledning: Studenten bør forklare at acetyl-CoA kondenserer med oxaloacetat og danner sitrat. Det forventes at studentene beskriver alle metabolittene og enzymene i Krebs syklus. Studentene skal forklare at isositrat-dehydrogenase og α -ketoglutarate-dehydrogenase spalter av CO_2 samtidig som NAD^+ reduseres. Regulering av isositrat-dehydrogenase: NADH og ATP hemmer; ADP og Ca^{2+} aktiverer. Regulering av α -ketoglutarate-dehydrogenase: NADH og succinyl-CoA hemmer; Ca^{2+} aktiverer.

Oppgave 6 (16 poeng). Insulin og glucagon

Forklar hvor og hvordan insulin og glukagon syntetiseres. Forklar videre hvordan insulinsekresjonen reguleres av glukose og nevnt 3 molekyler som regulerer glukagonsekresjon. Nevnt viktige fysiologiske prosesser som reguleres av insulin og glukagon.

Forklar hvordan intracellulær signalering for insulin og glukagon foregår. Nevnt endelig to viktige enzymer som reguleres av insulin og to som reguleres av glukagon.

Sensorveiledning: Insulin og glukagon er peptidhormoner og syntetiseres via protein syntese. Insulin syntetiseres i β -cellene og glukagon i α -cellene. Glukagon sekresjonens stimuleres av aminosyrer, adrenalin og lav glukose. Insulin sekresjonen stimuleres av glukose som via økt ATP hemmer ATP-sensitive K^+ -kanaler som fører til depolarisering og instrømning av Ca^{2+} og exocytose av vesikler med insulin. Aminosyrer stimulerer også insulinsekresjon mens adrenalin hemmer. Insulin stimulerer bl.a. glukoseopptak i muskler og fettceller; hemmer glukoseproduksjon i leverceller; og hemmer lipolyse i fettceller. Glukagon stimulerer glykogen nedbrytning og glukoneogenesen, og hemmer glykolysen. Glukagon signalering er via produksjon av cAMP og PKA aktivering. Insulinreseptoren er en tyrosinkinase og aktiverer IRS. Insulin regulerer aktiviteten av glykogen syntase og PFK-2 og stimulerer translokasjon av GLUT4. Glukagon aktiverer glykogen fosforylase og pyruvat kinase.

Vurdering og karaktergivning.

Prosent riktige svar:

90–100 %	A
75–89 %	B
64–74 %	C
50–63 %	D
40–49 %	E
0–39 %	F

