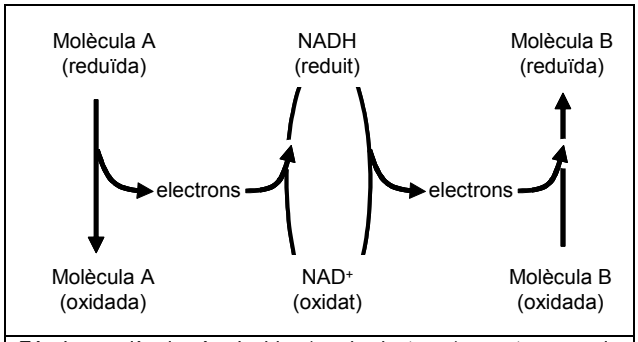
31: potencial REDOX i energia d'ellaç fosfat

Oxidació-reducció: potencial REDOX

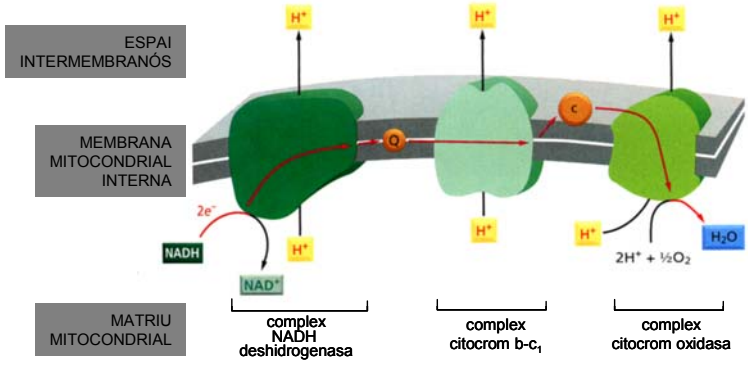
- La major part de l'energia que obtenin els animals quimiòtrofs procedeix de l'**oxidació** de compostos orgànics que hem ingerit, digerit i absobit, directament o després d'haver-la magatzemat (glicogen, triacilglicèrids... veure cap **33**).
  - **Oxidar-se** és perdre electrons sols o acompanyats de protons (H^+).
  - Els electrons que cedeix una molècula (la qual s'**oxida**) són captats per una altra molècula (la qual es **redueix**). Es diu que la segona **accepta electrons** de la primera (**F1**).
  - La tendència a accepar electrons es mesura pel **potencial REDOX**. Les molècules de menor potencial redox tendeixen a cedir electrons (oxidant-se) a les de major potencial redox (reduint-se).
  - Generalment, els electrons viatjen per dins la cèl·lula entre uns compostos i uns altres gràcies a molècules transportadores d'electrons, com ara la parella **NAD^+** (forma oxidada) / **NADH** (forma reduïda).
  - De vegades, les molècules es cedeixen electrons directament, com a les **cadenes de transport d'electrons** dels til·lacoides (cap **29**) o dels mitocondris (pàg.següent). en aquests casos, aquestes molècules estan ordenades pel seu potencial redox.
  - A les cèl·lules amb metabolisme aeròbic, l'acceptor final d'electrons és l'oxigen (potencial redox molt elevat)
- Tot i això, la major part de processos cel·lulars (contracció, transport, etc) consumeixen energia d'enllaç fosfat (ATP/ADP, cap **13**).



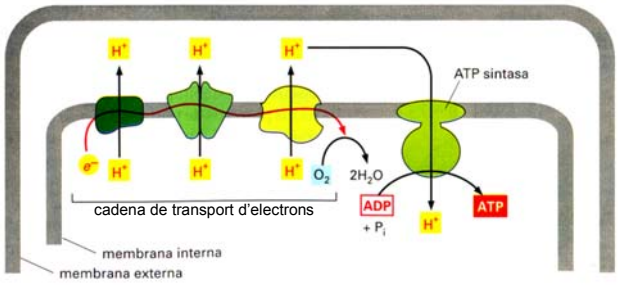
F1. La molècula A s'oxida (perd electrons) mentre que la molècula B es redueix (accepta electrons). L'NAD^+/NADH transporta els electrons des de la molècula A fins a la B.

Fosforilació oxidativa

- Procés pel qual la cèl·lula transforma l'energia de poten-cial REDOX en energia d'en-llaç fosfat (ATP a partir d'ADP+Pi)
- Es produeix a la cadena respiratòria dels mitocondris. És molt semblant al que s'esdevé als til·lacoides (cap.**29**), on l'energia d'enllaç fosfat s'obté de l'energia de la llum).
- Els electrons cedits per l'NADH, viatjen a través d'una **cadena de transport d'electrons** (Q, C) fins a l'oxigen (a favor de potencial REDOX), impulsant tres bombes que transporten protons cap a l'espai intermembranós.
- El gradient de protons generat a través de la membrana mitocondrial interna, impulsa l'entrada de protons a través de l'ATP sintasa, que sintetitza ATP (**F3**).
- Només funciona en presència d'oxigen, el qual es redueix i capta protons, formant una molècula d'aigua.



F2. Flux d'electrons a través de la cadena de transport d'electrons de la membrana mitocondrial interna (**Q**:ubiquinona, **C**:citocrom C) (comparar amb la figura 4, cap 29)

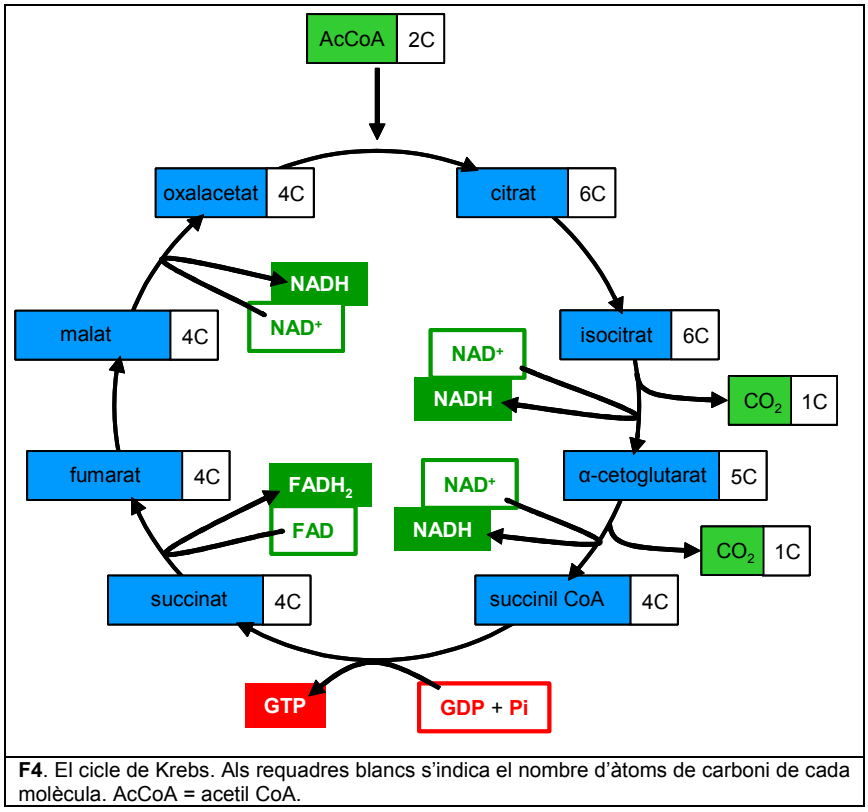


F3. Localització de la **cadena respiratòria** i de l'**ATP sintasa** al mitocondri

31: potencial REDOX i energia d'ellaç fosfat

Generació de potencial REDOX: el cicle de Krebs

- Per generar energia d'enllaç fosfat a la fosforilació oxidativa, cal energia de potencial REDOX.
- El potencial REDOX es transfereix mitjançant transportadors com ara l'NADH/NAD^+, l'NADPH/$NADP^+$ i l'FAD/$FADH_2$
- La major pert d'aquest potencial REDOX es genera a vies catabòliques com ara la glucòlisi, la β-oxidació, (vegeu fig.**1** del cap.**28**) i el cicle de Krebs.
- En cada volta, el cicle de Krebs:
  - degrada una molècula de acetil CoA (AcCoA) (que procedeix tant de la degradació de glúcids a través de la glucòlisi com de la degradació d'àcids grassos a través de la β-oxidació) en dues molècules de CO_2.
  - Redueix tres molècules d'NAD^+ a NADH.
  - Redueix una molècula d'FAD a $FADH_2$.
  - Genera una molècula de GTP (equivalent energèticament a una d'ATP) a partir de GDP+Pi.
  - Com que a la fosforilació oxidativa cada molècula d'NADH aporta una energia suficient per generar **3** ATP, i cada molècula d'$FADH_2$ l'equivalent a **2** ATP, cada molècula de acetil CoA que s'oxida fins a dues de CO_2 generen **12** ATP.



F4. El cicle de Krebs. Als requadres blancs s'indica el nombre d'àtoms de carboni de cada molècula. AcCoA = acetil CoA.

El cicle de Krebs només funciona en presència d'oxigen

- L'oxigen no intervé directament en cap reacció del cicle de Krebs, però:
  - El cicle requereix molècules d'NAD^+ i d'FADH, (que oxida a NADH i $FADH_2$)
  - Aquestes molècules reduides cedeixen els seus electrons a la cadena respiratòria, de forma que tornen a recuperar la forma oxidada (NAD^+ i FADH) (fig **1**, cap.**28**)
- Com que sense oxigen la cadena respiratòria no funciona, ni l'NADH ni l'$FADH_2$ no podran oxidar-se, disminuint per tant la concentració de les seves formes oxidades, les quals són imprescindibles pel funcionament del cicle de Krebs.
- Així, en absència d'oxigen (organismes anaeròbics i situacions d'anaerobiosi en organismes aeròbics, cap.**34**) no es pot obtenir energia de l'oxidació de l'AcCoA (i, per tant, ni de l'oxidació de lípids ni de glúcids). En aquests casos, l'única solució és utilitzar una altra molècula diferent de l'oxigen com a acceptora final d'electrons. Al procés se l'anomena **fermentació**.
- Segons quin sigui l'acceptor final d'electrons, la fermentació pot ser: **alcohòlica** (acceptor final és un alcohol), **làctica** (l'àcid làctic), **pútrida** o **putrefacció** (diversos compostos orgànics que fan pudor), etc.
- Fan fermentacions els microorganismes (alguns bacteris i els llevats) i certes cèl·lules animals en determinades condicions, com ara fibres dels músculs esquelètics (làctica). Aquestes cèl·lules s'anomenen **aeròbiques facultatives**.