

ÄMNESDIDAKTIK I PRAKTIKEN –
NYA VÄGAR FÖR UNDERVISNING I NATURVETENSKAP
NR 2, OKTOBER 2003

ATT FÖRSTÅ NATUREN – FRÅN
VARDAGSBEGREPP TILL BIOLOGI
fyra 'workshops'

Björn Andersson, Frank Bach, Birgitta Frändberg,
Mats Hagman, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist,
Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Enheten för ämnesdidaktik,
Institutionen för pedagogik och didaktik
Göteborgs universitet, Box 300, SE-40530 GÖTEBORG
ISSN 1651-9531, Redaktör: Björn Andersson

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

INNEHÅLL

FÖRORD	7
OM PROJEKTET NORDLAB	8
OM PROJEKTET NORDLAB-SE	9

WORKSHOP 1

SOCKER OCH SYRE TILL ALLA CELLER – EN FRÅGA OM LOGISTIK

FYRA FRÅGOR OM VÅR KROPP	13
VAD HÄNDER MED SOCKRET? SEX ELEVSVAR	15
VAD HÄNDER MED SYRET? SEX ELEVSVAR	16
ATT BESKRIVA INTEGRERAD FÖRSTÅELSE	18
VARFÖR FINNS DET KAPILLÄRER? SEX ELEVSVAR	22
FORSKNING OM ELEVERS BEGREPP	24
FRÅGOR OM MÖJLIGHETER ATT LÄRA	24
NOTER OCH REFERENSER	26
BILAGA 1: Var finns energin om den inte sitter i bindningarna?	27

WORKSHOP 2

LIVETS EVOLUTION

GEPARDER	31
ÄNDER	33
HUR TÄNKER DINA ELEVER?	35
Sex uppgifter för diagnos eller utvärdering	37
ELEVFORESTALLNINGAR	37
Evolution vid behov	37
Evolution genom brist på användning	37
Anpassning - ett ord med flera betydelser	38
Olika typer av biologiska orsaksförklaringar	39
Variation	40
Hur kom växter och djur till?	41
UNDERVISNINGSEXPERIMENT	43
En modell för begreppsförändring och dess tillämpning	43
Begreppsförändring och begreppsekologi	44
ATT LÄSA	46
NOTER	47
REFERENSER	48

BILAGA 1: Teorin om evolution genom naturligt urval	49
BILAGA 2: Sex biologiuppgifter	52

WORKSHOP 3
FORMATIV UTVÄRDERING MED
FOTOSYNTES SOM EXEMPEL

UNDERVISNING OCH LÄRANDE I ETT NÖTSKAL	57
Lärarens perspektiv	57
Elevens perspektiv	58
VAD ÄR FORMATIV UTVÄRDERING?	58
MÅL OCH BETYGSKRITERIER	59
Mål ur lärarens perspektiv	59
Mål ur elevens perspektiv	60
Betygskriterier	61
ELEVERS FÖRESTÄLLNINGAR	62
DIAGNOSTISKA TEST	63
Möjligheter	63
Ett exempel	64
FORMATIV UTVÄRDERING UNDER PÅGÅENDE LEKTIONER	67
Problemlösning för diagnos och återkoppling	67
Dagbok	69
PROV OCH LÄRANDE	70
VARFÖR KAN DET VARA SVÅRT ATT FÖRSTÅ FOTOSYNTESEN?	71
VAD KARAKTÄRISERAR EN GOD MILJÖ FÖR LÄRANDE I NATURVETENSKAP?	75
Formativ utvärdering i centrum	75
Eleven i centrum	75
Kunskapen i centrum	75
Eleven vågar fråga och försöka	76
Dörren till världen är öppen	76
NOTER OCH REFERENSER	77
BILAGA 1: Några frågor om vår natur	78
BILAGA 2: Uppgifter om fotosyntes	80

WORKSHOP 4
GENETIK

BEGREPPET GEN I NATURVETENSKAP OCH SAMHÄLLE	85
UPPFATTNINGAR OM GENER	86
Elevs syn på gener	86
Fyra modeller av gener	87
Olika modeller i olika situationer	88
GENETIK SOM DIDAKTISKT PROBLEMMOMRÅDE	88
Om mål och innehåll	88
Fem frågor om celler och cellulära processer	90
Besvärlig terminologi	92
Makro- och mikronivåer	95
Matematisk logik	96
Begreppsanalys	97
Resultat av fem frågor om celler och cellulära processer	98
Ytterligare undersökningsresultat	100
TVÅ VIKTIGA PRINCIPER	101
Arv OCH miljö	101
MÅNGA gener	102
REFERENSER	102
BILAGA: Uppgifter för diagnos och utvärdering	103

FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien 'Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap'. Dess hemvist är Enheten för ämnesdidaktik vid Institutionen för pedagogik och didaktik. Närmare bestämt är det lärare och forskare vid avdelningen för naturvetenskap som står bakom den nya serien, som är en fortsättning på de tidigare 'Elevperspektiv' och 'Naspektrum'. Huvudambitionen är att lämna bidrag till utveckling av naturvetenskaplig undervisning och lärarutbildning i Sverige. Vi vill förbättra lärarnas möjligheter att bedriva en undervisning som är intresseväckande, intellektuellt utmanande men begriplig och som leder till varaktiga kunskaper. Vi bedömer att den ämnesdidaktiska forskningen har goda möjligheter att göra detta under förutsättning att dess resultat på olika sätt omsätts i praktiken. Det har hittills varit lite så och så med den saken, och därför hoppas vi att 'Ämnesdidaktik i praktiken' skall göra forskningsresultat både intressanta och användbara för praktiserande lärare och lärarutbildare.

Men titeln 'Ämnesdidaktik i praktiken' uttrycker inte bara att forskningsresultat omsätts i undervisning. Ämnesdidaktiskt kunnande skapas också av läraren i hans/hennes praktik. Vi betraktar de båda sammanhangen för kunskapsbildning som komplementära. Yrkespraktik och vetenskap kan med andra ord stödja varandra, och vi strävar därför efter utbyte och samverkan.

Vi inleder med att som första fyra nummer i serien publicera de 23 'workshops' som utvecklats av projektet NORDLAB-SE.

Möln dal i oktober 2003

Björn Andersson
redaktör

OM PROJEKTET NORDLAB

De fyra 'workshops', som ingår i detta häfte, har utvecklats inom projektet NORDLAB. Detta projekt, som nu är på väg att avslutas, har gått ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centrala för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansär av projektets sammordiska delar.

NORDLAB har letts av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
 Veijo Meisalo (FI)
 Baldur Gardarsson (IS)
 Thorvald Astrup (NO)
 Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirkel och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

- experimentellt arbete (DK)
- IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
- samhällets energiförsörjning (IS)
- elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
- senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

För vidare information om de olika delprojekten, se <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) har finansierats av Utbildningsdepartementet och Skolverket. NORDLAB-SE har en nordisk kontaktgrupp:

Albert Chr. Paulsen (DK)
 Irmeli Palmberg (FI)
 Stefan Bergmann (IS)
 Anders Isnes (NO)

Det svenska delprojektet har genomförts av Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson, Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, och Ann Zetterqvist.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företaget som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa 'workshops' är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshoppedeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetsätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra 'workshops' skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbyggnaden.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 'workshops'. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Fyra ingår i detta häfte. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika 'workshops' utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

WORKSHOP 1

*SOCKER OCH SYRE
TILL ALLA CELLER –
EN FRÅGA OM LOGISTIK*

SOCKER OCH SYRE TILL ALLA CELLER – EN FRÅGA OM LOGISTIK

Denna workshop utgår från fyra frågor. De två första gäller att så långt som möjligt följa en bit socker respektive syret i inandningsluften efter att de kommit in i kroppen. Den tredje frågan handlar om att följa koldioxidens väg bakåt från utandningsluften, och den fjärde går ut på att förklara varför vi har så många kapillära blodkärl. Läsaren analyserar först elevsvar på var och en av dessa frågor och därefter hur integrerad förståelse eleven har av grunddragen i materieflödet till och från celler. Så följer en orientering om forskningsresultat angående elevers begrepp om andning, blodomlopp och matspjälkning. Läromedlens sätt att beskriva människokroppen problematiseras. Till sist förklaras varför man inte kan säga att det finns energi i kemiska bindningar.

FYRA FRÅGOR OM VÅR KROPP

Nedan följer fyra frågor om människokroppen

A. Vad händer med sockret?

Du äter en sockerbit. Följ sockrets väg så långt du kan och så noga du kan efter det att du svält ner det! Skriv och berätta!

B. Vad händer med syret?

I luften du andas finns syre. Följ syrets väg så långt du kan och så noga du kan efter det att syret har passerat in genom näsa och mun! Skriv och berätta!

C. Varifrån kommer koldioxiden?

I din utandningsluft finns koldioxid. Följ koldioxidens väg bakåt så långt du kan och så noga du kan! Skriv och berätta!

D. Varför finns kapillära blodkärl?

Till människans blodkärlssystem hör enormt många mycket små och tunna blodkärl. De kallas kapillära blodkärl eller kapillärer. Varför finns det så många sådana blodkärl?

UPPGIFT 1

Välj ett av skolåren 5, 9 eller 12 (sista året på gymnasiet) och ange vad du anser att en elev skall kunna svara om frågorna ges utan förberedelse? Skriv ner detta!

UPPGIFT 2

Är den kunskap som efterfrågas i de fyra frågorna viktig? För vem och i vilka situationer? Försök hitta argument för och emot!

VAD HÄNDER MED SOCKRET? SEX ELEVSVAR

Alla elevsvar som förekommer i det följande har getts av studerande som genomgått gymnasiets naturvetenskapliga program. Här är till att börja med sex svar på uppgiften om vad som händer med sockret:

- A1 Sockret åker ned i magen och därefter delas det upp och åker ut i blodet. Där blir det bl.a. till energi.
- A2 Först spjälkas sockret upp då det blandas med saliven, i saliven finns just ett enzym (amylas) som bryter ner sockret i mindre bitar. Det är då kolhydratkedjan som klipps av i mindre bitar, så att det kan fortsätta vidare genom kroppen. Magsyran spjälkar det ytterligare och när det nedspjälkade materialet når tarmarna kan det effektivt tas upp av blodet. Socker bryts ned snabbt och når blodet efter kort tid.
- B1 Ned i magen. Vidare i tarmen, där det tas upp av blodet. Detta transporterar vidare detta ut till organ, som t.ex. muskler, som använder sockret i förbränning.
- B2 När man tuggar sönder sockret blir det mindre bitar av det och själva nedbrytningen börjar med hjälp av saliven. När man svälter ner sockret, hamnar det i magsäcken där det finns enzymer som bryter ner det i ytterligare mindre delar så att det till sist blir så smält att det går ut i blodet och sedan forslas runt till kroppens alla organ.
- C1 I magsäcken spjälkas sockret till mindre bitar och transporteras ut till cellerna via blodet där de lagras eller används direkt som energi via en reaktion.
- C2 I munnen bryts sockret ner av enzym - jag tror det är amylas. Där börjar nerbrytningen av polysackariderna. Vidare ner i magsäcken bryts det ner av magsyra som även det innehåller nedbrytande enzymer. Kolhydratkedjorna spjälkas ytterligare där. Till slut är sockret sönderdelat i glukosmolekyler som m.h.a. blodet transporteras in i cellerna och blir byggsten vid cellandningen. Glukosen omvandlas där i olika steg till energi i form av ATP - ??? energi.

UPPGIFT 3

1. Svaren A1 och A2 är olika, men det finns också en likhet. Vilken är den?
2. Besvara samma fråga för svaren B1 och B2, respektive C1 och C2.
3. Den som har ordnat svaren i sekvensen A → B → C har gjort det efter en viss princip. Vilken?

VAD HÄNDER MED SYRET? SEX ELEVSVAR

- A1 Syret andas först in i lungorna. Därifrån sprids det ut i blodet.
- A2 Från luftstrupen ner i lungorna. Där tar syret upp av blodet genom vävnaden/alveolerna lungblåsorna.
- B1 Den syrerika luften tas upp i lungorna och sedan syresätts blodet som pumpas ut från hjärtat genom stora kroppspulsådern ut i hela kroppen.
- B2 När vi andas in värms luften upp samt renas från smuts och damm i näsan och luftrören. Därefter går luften via luftrören ner till lungorna. I lungorna finns alveoler (små luftblåsor) Där syreutbytet sker genom att det finns så otroligt många blodkärl som tar upp det syrerika blodet och sedan för det till hjärtat. Det går in i förmaket därefter till kammaren från kammaren pumpas det ut i aorta (st kroppspuls) där blodet sedan förgrenas ut i resten av kroppen
- C1 Syret går ner via luftstrupen till lungorna. Lungorna förgrenar sig allt mer och längst ut finns luftblåsorna. Det syrefattiga blodet som levererat syre till kroppens celler "tankas" med nytt syre och ut i kroppen igen.
- C2 Syret går till lungorna genom luftstrupen. Blodet passerar lungorna och i de små, små blodkärl (kapillärer) som sprider sig över lungans yta. I de små lungblåsorna (alveolerna) sker utbyte mellan syre & koldioxid. Genom alveolernas väggar och kapillärernas väggar sker utbytet. Syret går in i blodet och koldioxiden går ut i lungorna. (Vi andas ut koldioxid). När det syresatta blodet kommer igenom hjärtat, går det ut i lilla & stora kretsloppet där blodet syresätter celler (muskelceller m.m.). När blodet är på sin väg tillbaka till hjärtat har all syre blivit upptagen och blodet går från hjärtat ut i lungorna för att bli syresatt igen.
- D1 Man andas in syre i form av luft som också består av kväve m.m. Syret går genom luftstrupen ner till lungorna där syret tas upp av kroppens blodkretslopp som drar in de syrerika blodet i hjärtat. Från hjärtat pumpas sedan blodet ut till kroppens alla hörn, där syret används för att bilda energi vid cellandningen. vatten + syre + kolhydrat + → koldioxid + energi
- D2 Vi andas in syret. Detta behövs för att kunna genomföra cellandningen. Blodet syresätts i lungalveolerna. Det syrerika "röda" blodet transporteras till kapillärerna där ett utbyte sker. Cellerna eller musklerna behöver bränsle. Sockret ATP-molekylen och syret är detta bränsle. Restprodukten är vatten och koldioxid.

UPPGIFT 4

1. Svaren A1 och A2 är olika, men det finns också en likhet. Vilken är den?
2. Besvara samma fråga för svaren B1 och B2, respektive C1 och C2.
3. Den som har ordnat svaren i sekvensen $A \rightarrow B \rightarrow C$ har gjort det efter en viss princip. Vilken?

ATT BESKRIVA INTEGRERAD FÖRSTÅELSE

Hittills har vi studerat och reflekterat över elevsvar på en fråga i taget. Nu flyttas uppmärksamheten över på de tre första frågorna samtidigt. Så här svarar en elev:

Sockret

Transporteras i matstrupen ner till magsäcken. Där bryts det ner till mindre delar av magsyran. Sedan fortsätter sockret ut i tjocktarm och tunntarm där vätskan pressar ut sockerpartiklar ut i blodet, där cellerna tar upp det.

Syret

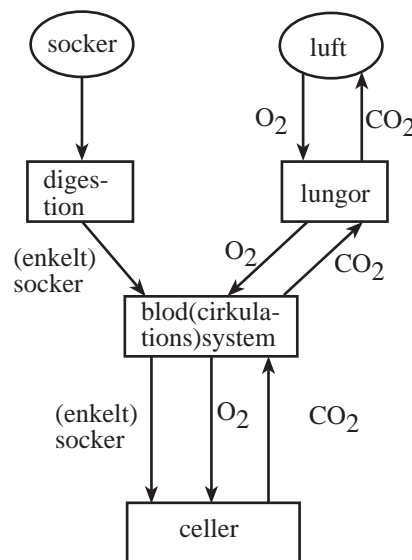
Till lungorna genom luftstrupen. Från lungornas tunna väggar ut i blodet som förs till hjärtat. Här sprids det syrerika blodet ut i kroppen (stora och lilla kretsloppet) där cellerna tar upp syret och avger koldioxid → Blodet blir syrefattigt och förs genom hjärtat tillbaka till lungorna och vi andas ut koldioxid.

Koldioxiden

Koldioxid bildas som en restprodukt vid förbränning i cellerna. När det syrerika blodet ger syre till cellerna avger de koldioxid först. Se frågan om syret.

Vi skall se på svaren ur logistiksynpunkt och i stora drag. Den samlade bilden blir då den som figur 1 här invid visar.¹

Figuren ger intryck av en integrerad förståelse. Varje cell i en organism behöver organiskt material och syre, och organismen behöver ett system för borttransport av koldioxid och vatten. Eleven visar i stora drag hur detta fungerar hos en människa. Han nämner dock inget om att socker och syre reagerar i cellen och att detta frigör energi samt leder till restprodukter som måste transporteras bort. Eleven kanske vet detta, men tycker måhända att det inte hör till frågorna.



Figur 1. Karaktäristik av tre svar från samma elev

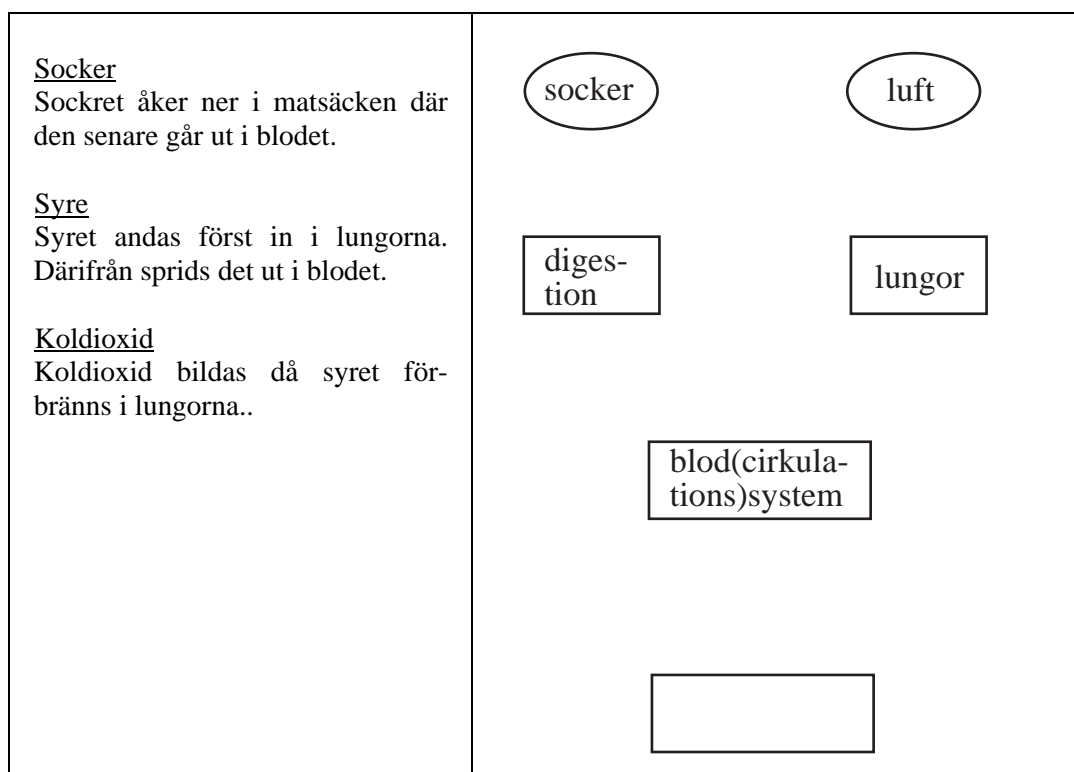
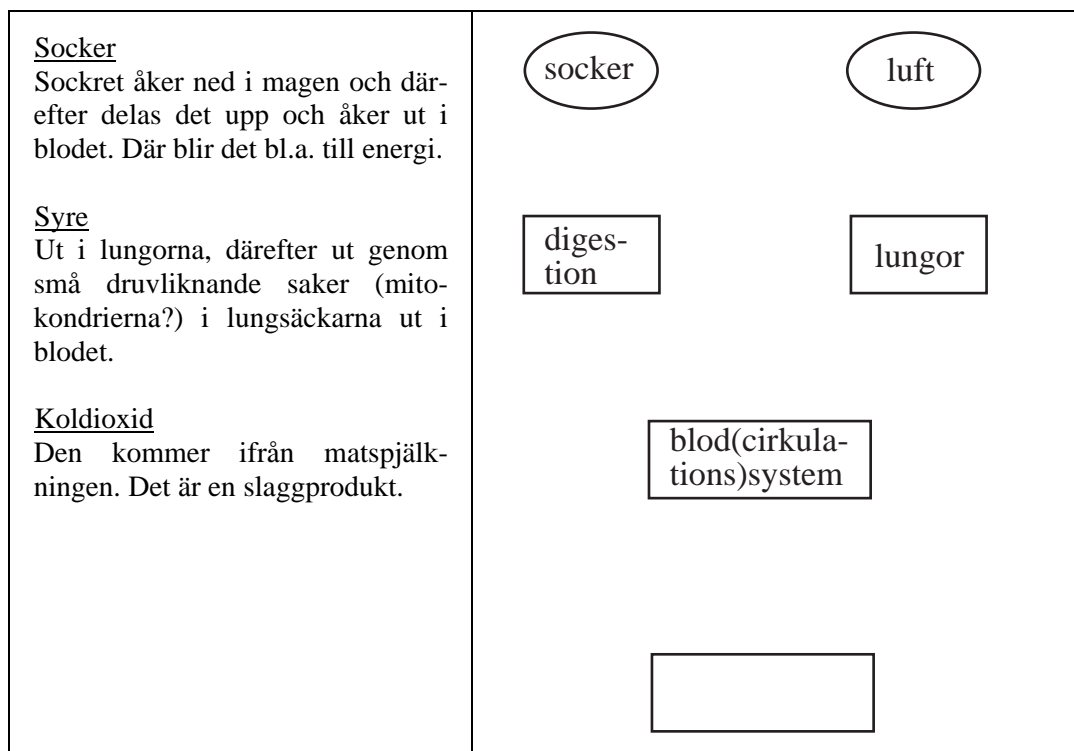
Här följer ett annat exempel där samma teknik som nyss används för att sammanfatta tre svar från samma elev.

<p><u>Socker</u> När jag svält ner sockerbiten (sönder-tuggad) hamnar den i magsäcken där den löser sig och blandas med magsaften. Kroppen tar tillvara på den energi den behöver, resten går vidare genom tarmarna, ut i tjocktarmen för att sedan komma ut som avföring.</p> <p><u>Syre</u> När vi andas in syret går det genom luftstrupen ner i lungorna. Blodet tar sedan upp syret och de röda blodkropparna transporterar runt det i hela kroppen. Musklerna behöver syre när de skall arbeta.</p> <p><u>Koldioxid</u> Vi andas in luft som består av syre, kväve och koldioxid. Luften kommer ner i lungorna där syret transporteras ut i kroppen. Det kroppen inte behöver andas man sedan ut igen, mycket i form av koldioxid.</p>	<pre> graph TD socker((socker)) --> digestion[di-ges-tion] luft((luft)) --> lungor[lungor] O2_in[O2] --> lungor lungor --> CO2_out1[CO2] lungor --> CO2_out2[CO2] O2_in --> blod[blod(cirkula-tions)system] blod --> O2_to_body[O2] O2_to_body --> kropp[(hela) kroppen] digestion --> avforing[avföring] digestion --> energi[energi] energi --> kropp </pre>
--	---

Figur 2. Karaktäristik av vidstående elevsvar

Figur 2 ger intryck av en kunskap som är mer fragmenterad än den som framgår av figur 1. Matspjälkning och blodomlopp är inte sammankopplade. Någon cellnivå finns inte i svaren, ej heller någon antydning om en reaktion mellan socker och syre som ger energi samt restprodukter.

Använd nu den teknik som visats i figur 1 och 2 för att karaktärisera de svar som följer:



Socker

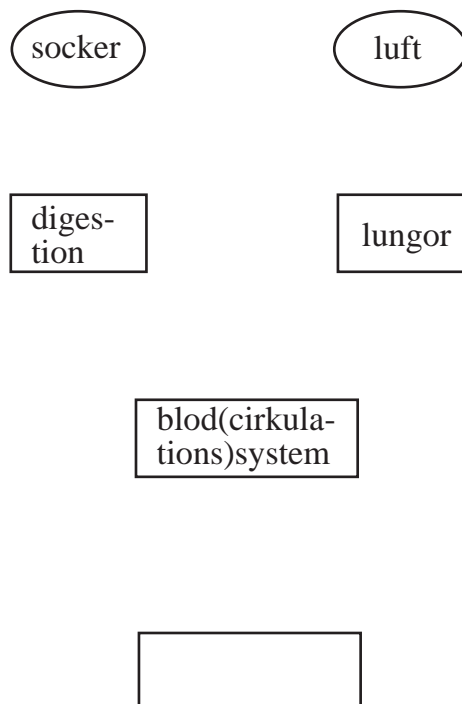
Sockret kommer till magsäcken där blandas det med magsyran m.m. blir en lätthanterlig massa för kroppen. Åker sen från magsäcken ut i tunntarmen. I tarmen tas näringen upp med hjälp av blodet och transporteras runt i kroppen dit det behövs. Men nu finns det inte direkt nån näring i socker, vi kan få lite energi men, om vi inte behöver energi vi kan få av sockret så omvandlas det till fett och lagras i våra organ. Förmodligen blir det inte särskilt mycket av sockret som kommer ut i andra ändan.

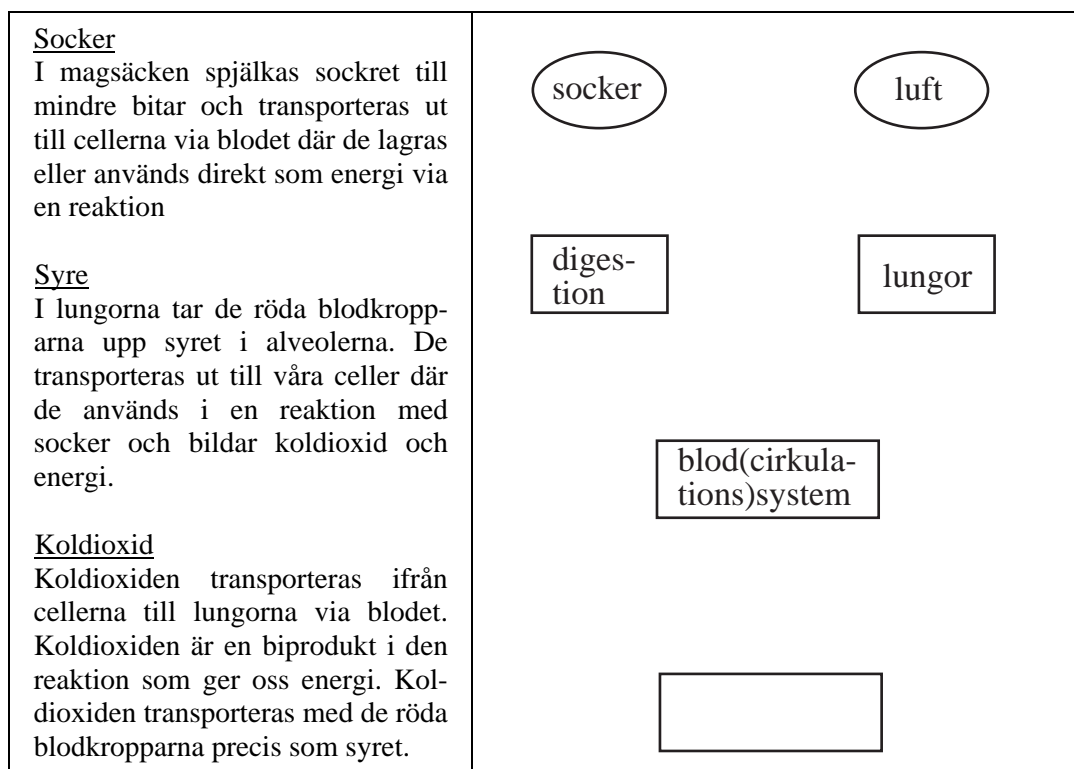
Syre

Syret åker ner i lungorna. I lungsäcken finns nånting som jag inte kommer ihåg vad heter. I alla fall så där får syret kontakt med blodet. Syret åker med blodet runt i kroppen och transporterar syre till kroppens alla behövlige delar. När syret gjort vad det ska åker det tillbaka med blodbanan till lungsäcken med hjälp av det där jag inte kommer ihåg vad heter. Det har blivit koldioxid av syret efter arb. gång som vi sen andas ut.

Koldioxid

Koldioxiden kommer från syret vi inandades dens väg är ju från förra frågan. Det blir koldioxid av syret efter arbetets väg.





VARFÖR FINNS DET KAPILLÄRER? SEX ELEVSVAR

Här följer ett antal elevsvar på frågan:

- A1 Kapillärerna är små små blodkärl som finns för att blodet skall nå ut till alla små delarna i kroppen. Blodet bör nå alla våra celler.
- A2 Endast det "stora" blodkärlssystemet skulle omöjligen kunna tillgodose kroppens alla olika celler med det blod det behöver. Genom kapillärerna kan blodet nå ut till alla delar i kroppen.
- A3 Därför att blodet på ett smidigt sätt ska transporteras ut i hela kroppen.

- B1 Kapillära blodkärl har så tunna väggar att ämnen kan passera genom dem. Det är kapillära blodkärl som gör att det kan ske ett utbyte mellan cellerna och blodet.
- B2 Det är där ämnesombytet sker. Kapillärerna är så tunna att det lätt kan ske genom komplicerade kemiska processer. Kapillärerna ger syre till cellerna.
- B3 Ytan för utbyte med kroppens celler blir så stor som möjligt.
- C1 Dessa blodkärl är viktiga då de går ut till varje del i kroppen (den minsta delen) varje cell behöver syre och blodkärlen till de minsta delarna kan inte vara stora. Många finns det därför att det ska täcka in hela kroppen och ge den syre. Kapillärerna är tunna och fina så att näring och syre lätt ska kunna passera "väggarna".
- C2 Blodet finns ju överallt, och måste ju nå alla kroppens delar för att de skall kunna arbeta och fungera som de ska. Man kan ju inte ha stora tjocka blodkärl överallt! De små kapillärerna får ju dessutom mycket större sammanlagd "yta" att ta upp och ge ut näring på, än några få tjocka blodkärl.
- C3 För att syre lätt ska kunna nå alla celler i kroppen måste de vara många och tunna för att utbytet av syre mellan blod och cell ska kunna ske.

UPPGIFT 5

1. Kan du se en likhet mellan svaren A1, A2 och A3?
2. Samma fråga för svaren B1, B2 och B3 respektive C1, C2 och C3
3. Är det rimligt att hävda att C-svaren är mer utvecklade än A-svaren respektive B-svaren?

FORSKNING OM ELEVERS BEGREPP

Det finns en hel del internationella studier som belyser vad elever kan och vet om andning, matspjälkning och blodomlopp.² Beträffande Sverige, så ingick en del frågor om människokroppen i den nationella utvärderingen 1992.³ Här är några exempel på resultat från denna:

- Drygt hälften av svenska elever i slutet på åk 9 menar att 'den energi som finns i maten' frigörs i magsäck och tarmar. Det är 7% som svarar att energin frigörs i cellerna.
- Ställda inför olika alternativ angående hur en droppe blod färdas i kroppen väljer så gott som alla svenska elever i slutet på åk 9 ett kretslopp. Men det är 30% som inte har lungorna med i detta kretslopp och bara 25% som väljer ett korrekt dubbelt kretslopp.
- På en fråga om vad som händer med en luftmängd som man andas in i lungorna är det hälften av svenska elever i slutet av åk 9 som följer luften/syret ut i kroppen. Av denna hälft anger 16% ingen mekanism. De konstaterar att luften/syret går ut i kroppens olika delar. Det är 54% som säger att blodet syresätts, 22% som menar att blodet transporterar luft/syre till kroppens olika delar och 8% som uttrycker att blodet transporterar luft/syre till kroppens celler.
- Det är 50% av svenska elever i åk 9 som rätt kan ordna nivåerna atom, molekyl och cell, dvs. de skriver att celler består av molekyler som i sin tur består av atomer.

FRÅGOR OM MÖJLIGHETER ATT LÄRA

UPPGIFT 6

Diskutera och ta ställning till följande två påståenden:

1. Läromedlen förmedlar 'ett-delsystem-i-taget-tänkande' genom att behandla matspjälkning, blodomlopp och andning som separata processer. Detta försvårar en integrerad förståelse av den typ som kommer till uttryck i figur 1. (Tänk på läromedel för det stadium som du undervisar på.)
2. Läromedlen överbetonar fysiologiska detaljer på bekostnad av integrerat systemtänkande. Det gör att det inte finns något sammanhang att 'hänga upp' detaljerna på. Detaljerna blir på så sätt isolerade faktabitar, som lätt glöms bort.

UPPGIFT 7

Diskutera och ta ställning till följande:

Det är ett vanligt språkbruk både i läromedel och på lektioner att säga t. ex. att 'mat är energirik' och 'mat innehåller energi'. Det är också vanligt att påstå att denna energi sitter i bindningarna. Detta är fel. Det åtgår ju energi för att upphäva bindningar.

Det rätta sättet att uttrycka sig är att säga att systemet 'mat + syre' är energirikare än systemet 'koldioxid + vatten'. Med detta som utgångspunkt inser man att det är nödvändigt med transport av såväl syre som (spjälkad) mat till cellerna för att det skall bli någon energiutvinning där. (Se också bilaga 1.)

UPPGIFT 8

Det kunnande som vi har om människokroppen hänför sig till olika organisationsnivåer, bl. a.:

molekyl → organell → cell → vävnad → organ → organsystem → organism

Vilka av dessa nivåer anser du skall ingå i undervisningen på ditt stadium?

NOTER

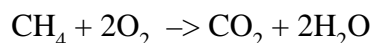
1. Den grafiska teknik som används i figur 1 och fortsättningsvis för att beskriva hur en elev svarar på flera uppgifter har hämtats från Núñez och Banet (1997).
2. Se t. ex. Arnaudin och Mintzes (1985), Contento (1981), Crider (1981), Gellert (1962), Mintzes (1984) och Wellman och Johnson (1982).
3. Se Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993a, b)

REFERENSER

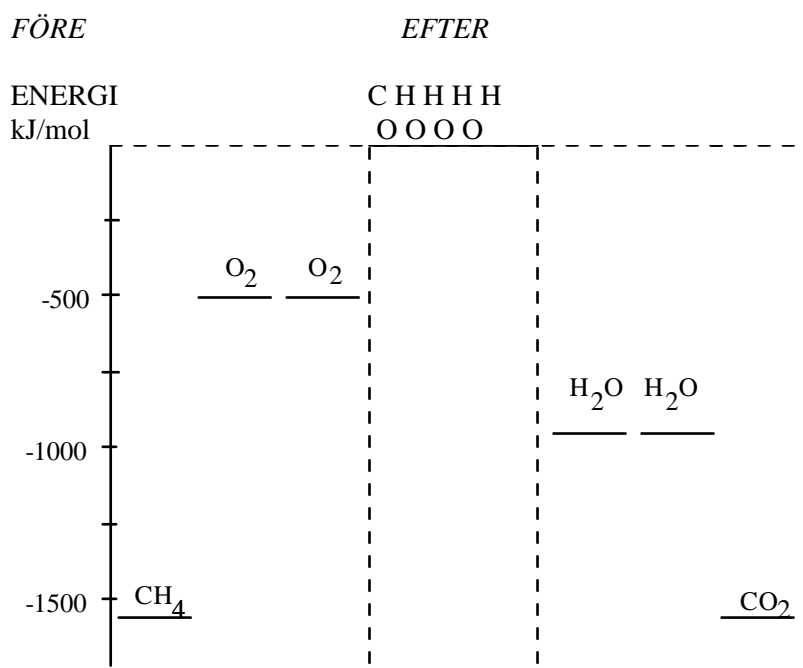
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993a). *Nationell utvärdering – åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* (NA-SPEKTRUM, nr 6). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993b). *Nationell utvärdering – åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (NA-SPEKTRUM, nr 5). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst för ämnesdidaktik.
- Arnaudin, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Contento, I. (1981). Children's thinking about food and eating - A piagetian-based study. *Journal of Nutrition Education*, 13(1), 86-90.
- Crider, C. (1981). Children's conceptions of the body interior. In R. Bibace & M. Walsh (Eds.), *New directions for child development: Children's conceptions of health, illness, and bodily functions*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Gellert, E. (1962). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 291-411
- Mintzes, J. J. (1984). Naive theories in biology: Children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84(7), 548-555.
- Núñez, F., & Banet, E. (1997). Students' conceptual patterns of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526.
- Wellman, H. M., & Johnson, C. N. (1982). Children's understanding of food and its functions: A preliminary study of the development of concepts of nutrition. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 3, 135-148

BILAGA 1
**VAR FINNS ENERGIN OM DEN
INTE SITTER I BINDNINGARNA?**

Betrakta som exempel förbränning av metan i luft, en exoterm reaktion.

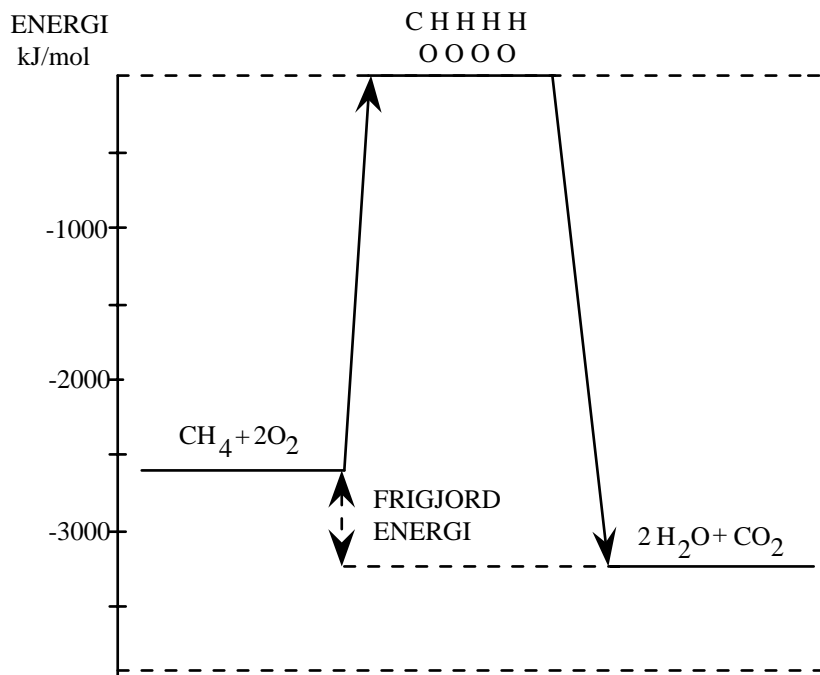


Energisituationen före och efter reaktionen visas i detalj i figur A. Som tänkt mellansteg låter vi alla inblandade atomer vara fria. Energin för systemet i detta mellansteg sätts till noll. Av diagrammet framgår t. ex. att atomisering av 1 mol CH_4 kräver 1600 kJ. Vi ser också att syremolekylens båda bindningar (O=O) är svagare (250 kJ/mol för varje bindning) än bindningen C-H (400 kJ/mol). Att energi frigjorts beror på att svagare bindningar i systemet före reaktion blir starkare bindningar i systemet efter. Det vedertagna sättet att beskriva detta är att säga att systemet med delarna $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ är energirikare än samma system med delarna $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.



Figur A. Energiförhållanden vid reaktionen $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Ett mer summariskt sätt att göra energidiagram framgår av figur B på nästa sida.



Figur B. Energiförhållanden vid reaktionen $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Översiktlig framställning.

WORKSHOP 2
LIVETS EVOLUTION

LIVETS EVOLUTION

Att undervisa om livets evolution är att låta elever få ta del av sin utvecklingshistoria, dvs. den som börjar med själva livets uppkomst för mer än 3 miljarder år sedan och som alltså pågår. I denna workshop fokuseras elevuppfattningar och undervisningsidéer med anknytning till teorin om naturligt urval. Workshopen inleds med att läsaren analyserar elevsvar på två problem som gäller att förklara hur geparden utvecklats sin förmåga att springa fort och hur änder fått simhud mellan tårna. Sedan redovisas forskningsresultat angående hur elever förklarar olika aspekter av evolutionen, bl. a. hur egenskaper uppstår och förs vidare. Slutligen beskrivs några undervisningsexperiment. I workshopen ingår också en metod att enkelt få en överblick över hur eleverna i en klass tänker om evolutionära förändringar. I korthet går metoden ut på att eleverna svarar på frågor via Internet och skickar in sina svar till en databas. Genom att söka i denna, också via Internet, får läraren 'med några klick' fram en översikt av hur klassen svarat. Workshopen innehåller även läsförslag med både ämnesdidaktisk och ämnesteoritisk litteratur.

GEPARDER

Följande problem¹ har getts till många elever och studenter i olika länder, bl. a. Sverige:

Geparder kan springa fort, runt 100 km/h, då de jagar. Hur skulle en biolog förklara hur egenskapen att springa fort har utvecklats, om man antar att geparden härstammar från förfäder som kunde springa runt 30 km/h?

Här följer tio svar från svenska studerande (19 –25 år), som är ordagrant återgivna.

1. Naturen har gjort så att geparden har varit tvungen att springa fortare för att överleva. Den som är bäst anpassad överlever.
2. De individer som kunde springa fortare blev gynnade av detta, tack vare att de hade större möjligheter att hinna i fatt byten, vilket därmed gav dem en större tillgång till föda, bättre livsbetingelser och bättre möjligheter till förökning.
3. Slumpen har medfört att vissa individer springer snabbare än andra. De har gynnats i större utsträckning än de som springer långsammare. Det naturliga urvalet har gjort att de djur som springer fortare dominerar populationen.
4. Rovdjuren har alltid utvecklats för att kunna livnära sig och sina ungar på jakten, medan andra djur som har varit bytesdjur, har utvecklats för att överleva så bra som möjligt. Så varje gång bytesdjuret utvecklas och blir lite snabbare, måste rovdjuret i sin tur bli snabbare för att överleva. Och så har det fortsatt för geparden och dess bytesdjur ända fram tills idag...
5. Alla varelser anpassar sig se bara på människan, den använder inte sin blindtarm längre men förr i tiden var den till stor nytta. Samma med geparderna de anpassar sig med åren.
6. Alla individer inom en art är olika. Det är slumpmässigt att vissa kan springa fort. Dessa har klarat sig bättre och lyckats föra sina "fortspringar-gener" vidare till nästa generation. Ju fortare djuret springer desto bättre jagare. Detta medför att den snabbaste klarar sig bäst.
7. Alla varelser utvecklas hela tiden för att anpassa sig till den tid den nu lever i. Förr i tiden behövde kanske inte Geparden kunna springa i mer än 30km/h.
8. Man kan anta att gepardens förfäder har utvecklats och blivit mer och mer lämpade för att springa fort. Kanske för att det har behövts för att klara sin överlevnad i den miljö de lever i. Sedan har de successivt utvecklats till dagens geparder.
9. Man utvecklas hela tiden och kommer på nya saker. Med tiden lär man sig att springa fortare. Det är ett sätt att undkomma sin fiende. Geparden är ett rovdjur vilket gör att den skall springa fort och jaga sitt byte. De skall även kunna vara smidiga och kunna smyga på bytena.
10. Dess förfäder har haft en maxhastighet på 30 km/ h och det har även de djur han jagat haft. När sedan "maten" lyckats överleva har de ofta varit snabbare och då har deras gener kommit vidare till snabba djur igen men då har ju även geparden fått utveckla sig för att kunna hinna ifatt sin mat för att inte dö ut och de har ju samma effekt som vad de gäller "maten" de snabbare har lyckats få föda och deras gener förts vidare.

UPPGIFT 1

Försök gruppera svaren i några olika kategorier utifrån hur eleverna resonerar. Försök också beskriva vad som är typiskt för varje grupp!
Diskutera dina grupperingar med andra!

ÄNDER

Följande problem² har getts till många elever och studenter i olika länder, bl. a. Sverige:

Egenskapen att ha simhud på fötterna hos änder uppkom hos ändernas förfäder på grund av att:

de levde i vatten och behövde 1 2 3 4 5 det av slumpskäl upp-
simhud för att simma kommit mutationer

A: Markera den siffra som stämmer bäst med vad du vet om evolution. Om du inte anser att något av påståendena är korrekt, gå direkt till B.

Siffrorna har följande betydelse:

1. Påståendet till vänster är det enda korrekta påståendet
2. Påståendet till vänster är mer korrekt än det högra
3. Båda påståendena är lika korrekta
4. Påståendet till höger är mer korrekt än det vänstra
5. Påståendet till höger är det enda korrekta påståendet

B: Varför valde du detta svarsalternativ?

Här följer tio svar från svenska studerande (19 –25 år), som är ordagrant återgivna.

1. Simhud har uppkommit p.g.a. slumpmässiga mutationer, men hade änderna ej levt i vatten hade simhuden ej inneburit någon fördel och således hade de individer med simhud inte fört genen vidare. (Alt 4)
2. För att kunna leva i vatten måste de ha simhud mellan tårna. Annars skulle de så småningom dö ut. De behövde helt enkelt simhuden. (Alt 2)
3. Mutationer som gav simhud gjorde det möjligt för änderna att leva framgångsrikt i vatten. På så vis fördes den egenskapen vidare. (Alt 5)
4. För att jag tror att deras simhud utvecklades på grund av de levde i sådana förhållanden, där de behövde simhud för sin överlevnad. (Alt 2)
5. Jag tror inte att bara för att fåglar lever i vatten att de automatiskt får simhud. Det är mer troligt att det av en slump har uppkommit mutationer av änderna. Dels för att de ska klara sig bättre och för att deras miljö har ändrats. De har varit tvungna att anpassa sig. (Alt 4)
6. Naturen ser till att ge oss de sakerna vi behöver och tar bort det som vi inte har någon nytta av. (Alt 1)
7. Ingenting i evolutionen är slump. Om någon genförändring sker, beror det på att den fyller en funktion. (Alt 1)
8. Därför att det är slumpen som avgör. Anden själv kan inte välja simhud eller ej. Däremot så är det fördelaktigt vid simning, vilket gjort att det anlaget klarat sig bra och överförs vidare. (Alt 5)

9. För att det verkade vara den enda rätta. Vi människor är lika dana, förr så behövde vi starka tänder för att kunna äta det råa, sega köttet, men nu behöver vi inte det då vi har kniv och gaffel. Därför föds det idag barn som inte har några visdomständer. Jag har även hört att vi människor i framtiden kommer att födas utan lillfingrar, då vi inte behöver använda dem i vardagen längre. (Alt 1)
10. Jag tror att de blev att de fick anpassa sig till vattnet. Därför blev det så!! Det var menat att de skulle ha det! (Alt 2)

UPPGIFT 2

Försök gruppera svaren i några olika kategorier utifrån hur eleverna resonerar. Försök också beskriva vad som är typiskt för varje grupp! Diskutera dina grupperingar med andra!

UPPGIFT 3

1. Vilken kunskap prövar de två uppgifterna? Tycker du att det är viktig kunskap? Vad säger den kursplan som är mest aktuell för dig? Ger den någon vägledning?
2. Hur anser du att en elev bör kunna svara på dessa båda problem efter avslutad grundskola? Efter avslutat gymnasium?
3. Undersök några läroböcker. Vilken hjälp får eleverna att lösa de två uppgifterna om de studerar dessa?

HUR TÄNKER DINA ELEVER?

Det finns en hel del undersökningar som bidrar till svar på rubrikens fråga. Vi återkommer till dessa, och beskriver först en möjlighet att undersöka elevers föreställningar genom att ge dem ett antal uppgifter att lösa. Du kan ge dessa uppgifter före undervisningen som ett diagnostiskt test, under pågående undervisning för att 'kolla läget' eller kanske långt efter din undervisning om det aktuella området för att få inblick i elevernas bestående behållning.

Vi tillhandahåller uppgifterna i både tryckt form (kopieringsunderlag i bilaga 2) och via internet. Beträffande internetanvändningen, så kan uppgifterna besvaras i en vanlig browser (t.ex. Netscape eller Internet Explorer) från vilken dator som helst. Eleverna skickar in sina svar till en databas tillsammans med en klasskod. Både lärare och elever kan söka klassens resultat i basen genom att skriva in denna klasskod. För vidare instruktioner se:

<http://na-serv.did.gu.se/diagnos/diagnos.html>

Följande uppgifter ingår i vårt förslag:

Sex uppgifter för diagnos eller utvärdering

Uppgift 1

I en tidningsnotis kunde man för några år sedan läsa att 15% av eleverna i en skola drabbats av huvudlöss. Det påpekades att den exakta orsaken till denna epidemi inte var känd, men att det mesta pekade på att bekämpningsmedel inte hade någon effekt på lössen. Förklara varför bekämpningsmedel som en gång varit effektiva inte längre hade någon effekt på huvudlöss!

Uppgift 2

I framtiden kommer med stor sannolikhet helt nya ärftliga egenskaper att utvecklas hos levande organismer – egenskaper som aldrig funnits tidigare. Vad är ursprunget till en helt ny ärftlig egenskap?

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

- Individens behov av egenskapen
- Slumpvisa förändringar i arvsmassan
- Artens strävan efter att utvecklas
- Naturens strävan efter jämvikt

Uppgift 3

Människor är som du vet olika. Om man med lottens hjälp väljer ut 100 friska flickor eller pojkar som är lika gamla så kommer man att finna att de har olika längd, kroppsform, hudfärg, motståndskraft mot sjukdomar, känslighet mot ämnen (t.ex. allergier), temperament och så vidare.

Även prästkragar är olika. Om man väljer ut 100 friska prästkragar på en stor äng så kommer man att finna många olikheter bland dem.

- a) Ge exempel på några olikheter bland prästkragarna.
- b) Förklara hur det kan komma sig att prästkragarna är olika.

Uppgift 4

I en artikel i Svenska dagbladet den 4 januari 2000 kunde man bl. a. läsa:

'Flera larmrapporter säger att virus kan bli motståndskraftiga mot mediciner på samma sätt som överkonsumtion av penicillin och annan antibiotika har gjort att bakterier utvecklats resistens mot ett eller alla läkemedel. En okontrollerad användning av de nya virusmedicinerna, som kallas antiviraler, kan leda till problem av samma proportioner som multiresistenta bakterier.' Vidare framhölls: 'De fruktade virusen utvecklar motståndskraft mot den nya behandlingen, i vissa fall redan efter ett par dagar.'

Vilket av följande påståenden anser du bäst förklarar att virus 'utvecklar motståndskraft' mot antiviraler:

- Enskilda virus utvecklar resistens efter att ha blivit utsatta för antiviraler.
- Viruspopulationerna behöver bli antiviral-resistenta för att kunna överleva.
- Några få virus var antiviral-resistenta redan innan medlet började användas.
- Viruspopulationerna blev antiviral-resistenta av en slump.

Uppgift 5

Skörbjuggsörten växer på strandängarna vid havet. Den tål torka bra då den har köttiga, vattenlagrande blad. Hur skulle en biolog förklara hur skörbjuggsörtens köttiga blad har utvecklats, om man antar att skörbjuggsörtens förfäder hade betydligt tunnare blad? Förklara så noga du kan!

Uppgift 6

En population renar observeras vid en viss tidpunkt. Det fanns stor variation i benlängd. 20% klassades som kortbenta, 60% som något längre och 20% som långbenta.

Flera rengenerationer senare observeras populationen igen. Nu är det bara 10% som har korta ben, 40% som har något längre och hela 50% som har långa ben. Hur kan detta komma sig? Förklara så noga du kan!

UPPGIFT 4

1. Vilken kunskap prövas i diagnosen? Är det viktig kunskap? Motivera!
2. Hur anser du att en elev bör svara på uppgifterna efter avslutad grundskola? Efter avslutat gymnasium?
3. Ge diagnosen till en eller flera klasser!
4. Reflektera över de elevsvar du fått! Får du några uppslag till hur evolutionsundervisning kan bedrivas?
5. Föreslå ytterligare problem för att testa elevers kunnande om evolution.

ELEV FÖRESTÄLLNINGAR

Evolution vid behov

Två av svaren på det inledande problemet om gepardernas snabbhet hade följande lydelse:

- Naturen har gjort så att geparden har varit tvungen att springa fortare för att överleva. Den som är bäst anpassad överlever.
- Man kan anta att gepardens förfäder har utvecklats och blivit mer och mer lämpade för att springa fort. Kanske för att det har behövts för att klara sin överlevnad i den miljö de lever i. Sedan har de successivt utvecklats till dagens geparder.

Och här följer två av svaren på problemet om ändernas simhud:

- För att jag tror att deras simhud utvecklades på grund av att de levde i sådana förhållanden, där de behövde simhud för sin överlevnad.
- För att kunna leva i vatten måste de ha simhud mellan tårna. Annars skulle de så småningom dö ut. De behövde helt enkelt simhuden.

Det gemensamma för dessa svar är tanken att organismer utvecklar nya egenskaper därför att de behöver dem. Man kan karaktärisera detta tänkande som 'evolution vid behov'. Det är vanligt förekommande.

Evolution genom brist på användning

Så här löd en fråga som använts i amerikanska undersökningar³:

Grottsalamandrar är blinda (de har ögon som inte fungerar). Hur skulle en biolog förklara hur blinda grottsalamandrar utvecklats från föregångare som kunnat se?

Två svar lyder:

- Genom att inte använda ögonen under många generationer så upphörde ögonen till slut att fungera.
- Kanske för att om dom inte använder den (synen) så förloras den.

Den här typen av svar skulle kunna beskrivas om att egenskaper/organ försvinner på grund av att de inte används.

Det är underförstått i elevernas svar att den gradvis försämrade förmågan att se ärvs, vilket kan sägas vara ett exempel på tanken att egenskaper som en individ förvärvar under sin livstid ärvs vidare.

Anpassning - ett ord med flera betydelser

Två av svaren på de inledande problemen ('geparder' och 'änder') har följande lydelse:

- Alla varelser utvecklas hela tiden för att anpassa sig till den tid den nu lever i. Förr i tiden behövde kanske inte Geparden kunna springa i mer än 30km/h.
- Jag tror inte att bara för att fåglar lever i vatten att de automatiskt får simhud. Det är mer troligt att det av en slump har uppkommit mutationer av änderna. Dels för att de ska klara sig bättre och för att deras miljö har ändrats. De har varit tvungna att anpassa sig.

Hur skall man här tolka innebörden i ordet anpassa? Elever på senare grundskole- och gymnasienivå använder relativt ofta ordet anpassa i sina svar på evolutionsproblem, men det är inte lätt att förstå vad de menar med detta ord. I vårt språk kan anpassa ha flera olika betydelser.

Anpassa kan betyda 'fysiologisk omedelbar anpassning', t. ex. när pupillen drar ihop sig i starkt ljus eller när man ändrar ställning för att hålla balansen. Det kan också betyda 'fysiologisk fördröjd anpassning' exempelvis till stark sol genom att utveckla solbränna. Denna typ av anpassning är omedveten.

Ordet kan också betyda 'medveten anpassning', som när man anpassar sig till en ny arbetsplats genom att lära sig nya rutiner.

Anpassning har även en evolutionär betydelse, som när relativa andelen individer med en viss egenskap ökar eller minskar i en population allteftersom generationerna växlar. Också då egenskapen som sådan utvecklas i populationen talar vi om en evolutionär anpassning. Gepardexemplet tidigare innehåller både en frekvensökning och en utveckling av själva egenskapen. Sammanfattningsvis skulle man kunna säga att en evolutionär anpassning har skett i en population då vi fått en medelvärdesförändring av någon egenskap.

De första betydelserna torde vara begripliga för var och en eftersom de tillhör den dagliga erfarenhetsvärlden. Däremot har de flesta ingen konkret erfarenhet av evolutionär anpassning. Det här innebär att om ordet anpassa används av läraren i evolutionär betydelse, så har eleven benägenhet att tolka ordet 'vardagligt' som individens medvetna eller omedvetna anpassning. Det torde också betyda att om eleven skriver anpassning, som i svaren ovan, så är det troligt att han eller hon syftar på individens anpassning.

Olika typer av biologiska orsaksförklaringar

I de elevsvar som redovisats förekommer två typer av orsakstänkande. Den ena bygger på direkta och näraliggande mekanismer: Insekter utsätts för DDT och reagerar på detta genom att utveckla resistens. Geparden behöver bli snabbare och genom att springa många gånger förbättrar den sin förmåga.

Den andra typen av orsakstänkande är indirekt och bygger på evolutionsteorin. Det finns från början en variation i ärftliga egenskaper, som gör att individer med i en viss miljö lämpliga egenskaper har större reproduktiv framgång än andra. Dessa lämpliga egenskaper tenderar därför att bli alltmer förekommande och/eller utvecklade i populationen i takt med att generationerna avlöser varandra.

Det direkta orsakstänkandet framstår som betydligt enklare än det indirekta, och kanske är detta förklaringen till att 'evolution efter behov' är en så vanligt förekommande tankekategori hos elever.

Dessa noteringar för oss över till några mer allmänna reflexioner om biologisk kausalitet.⁴ Vi utgår från en fråga: Varför parar sig fågelarten X under perioden Y? En ekolog svarar måhända att det beror på att dagarnas längd i förening med att en viss temperatur uppnås utlöser parningsbeteende. En fysiolog kanske tillägger detaljer om hur vissa hormoner produceras då miljöfaktorerna ljus och temperatur antar vissa värden.

Man kan också ge en förklaring som bygger på fågelartens evolutionshistoria:⁵ Arten X parar sig under perioden Y därför att det naturliga urvalet har gynnat de individer som haft detta beteende. Det kan t.ex. ha berott på att tillgången på föda var som rikligast vid denna tidpunkt, och detta parningsbeteende har då selekterats ut därför att det lett till störst reproduktiv framgång. Individer som parar sig tidigare eller senare föder upp färre eller inga ungar, vilket gör att deras parningsbeteende blir mindre och mindre företrätt med tiden.

De två första förklaringarna till vårt ornitologiska problem är enligt den internationella litteraturen exempel på 'proximate causality'.⁶ Den tredje förklaringen kategoriseras som exempel på 'ultimate causality'. Som svenska översättningar skulle vi kunna använda 'näraliggande' och 'evolutionära' orsaker. Den senare termen uttrycker att biologiskt orsakstänkande med nödvändighet rymmer en historisk dimension, helt enkelt därför att alla arter har en historia, förmedlad av deras DNA.

Det kan vara en didaktisk poäng att i undervisningen diskutera och exemplifiera olika typer av orsaksförklaringar i biologin, och därvid framhålla att de olika typerna är komplementära.

Variation

Av de undersökningar som gjorts av hur elever förklarar evolutionära förändringar framgår att begreppet variation spelar liten eller ingen roll i vardagstänkandet. Evolutionen består enligt detta tänkande i att hela arten successivt ändrar sina egenskaper.

I en svensk undersökning ställdes följande skriftliga problem till cirka 80 elever från åk 9 och gymnasiet.⁷

Människor är som Du vet olika. Om man med lottens hjälp väljer ut 100 friska pojkar eller flickor i Sverige som är lika gamla kommer man att finna att de har olika

- längd
 - motståndskraft mot sjukdomar
 - kroppsform
 - känslighet för ämnen (t ex allergier)
 - hudfärg
 - temperament
- och så vidare.

A. Hur är det med strömmingar? Tänk Dig att man med lottens hjälp väljer ut 100 unga, friska strömmingar i Östersjön. Finns det några olikheter bland dem? I så fall vilka? Förklara ditt svar.

B. Hur är det med prästkragar? Tänk Dig att man med lottens hjälp väljer ut 100 friska prästkragar på en mycket stor äng som är vit av prästkragar. Finns det några olikheter bland dem? I så fall vilka? Förklara ditt svar.

Svaren kunde delas in i följande kategorier (det första procenttalet, liksom det första elevsvaret, i varje kategori avser strömmingar, det andra prästkragar):

1. Ej besvarat (5%; 20%)
2. Ingen större variation (6%; 20%)
 - Nej. Jag tror inte att det är några större olikheter.
 - De är lika som bär!
3. Beskriver variation men förklarar ej (51%; 32%)
 - Olika storlekar, olika färger på fjällen. En del kanske där också är "ledarfiskar".
 - En del har tjockare rötter och är svårare att plocka. De har olika antal kronblad och är olika långa. Olika färgnyanser i vitt.
4. Förklaring av variation
 - A. Variationen beror på miljö (21%; 28%)
 - Alla lever inte på exakt samma ställen i Östersjön. På en del ställen kanske en del är mer känsliga för förändringar i vattnet.
 - Beroende hur mycket näring, solljus de får hur olika stora är det.
 - B. Variationen beror på arv (12%; 9%)
 - Ja, alla egenskaper är olika på grund av DNA.
 - Ja. Vissa genetiska olikheter som uppkommit genom mutationer ex färre blad.
 - C. Variationen beror på miljö och arv (1%; 8%)
 - ... Arv från föräldrar + påverkan av miljön = strömmingens egenskaper och utseende...
 - Olika långa och stora med anledning av jordens kvalitet, solljusets återkomst, arvsmassa

Man kan se dessa elevsvar som tecken på att relativt få elever tänker sig att den utformning som en organism har är ett resultat av genernas och omgivningens samverkan. Denna utformning kallas individens fenotyp. Den DNA-information som finns i generna kallas individens genotyp.

Hur kom växter och djur till?

Om man funderar över hur homo sapiens har kunnat uppstå ur en mikroorganism, så svindlar tanken. Känslan av svindel blir knappast mindre om man dessutom försöker föreställa sig den tid som förflutit under processen - mer än 3 miljarder år.

Det finns inte så många undersökningar av elevers kunskaper om, och insikter i, detta mäktiga evolutionära förlopp. I en svensk undersökning ställdes följande skriftliga problem till cirka 80 elever från åk 9 och gymnasiet.⁸

- A. Hur tänker du att växterna kom till? (Rita gärna till ditt svar)
B. Hur tänker du att djuren kom till? (Rita gärna till ditt svar)

Vad beträffar fråga A identifierades fem huvudkategorier:

1. Skapelse (9%)
2. Livscykelmodell (genom frön som gro) (15%)
3. Utveckling från ospecificerade vattenväxter (7%)
4. Utveckling från mindre organismer (34%)
5. Utveckling från icke levande materia (16%)

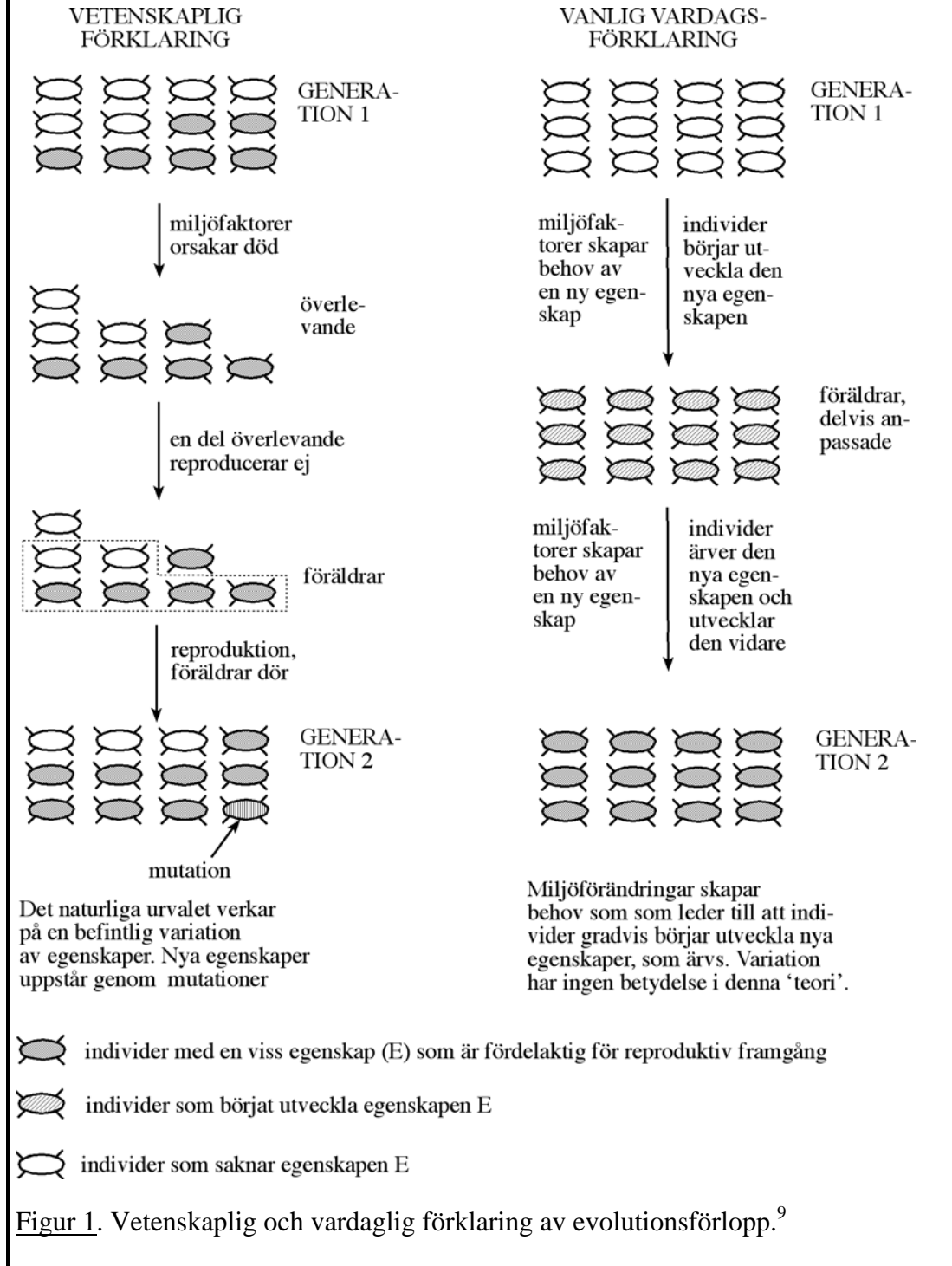
Beträffande fråga B kunde följande kategorier urskiljas:

1. Skapelse (11%)
2. Livscykelmodell (genom födsel) (1%)
3. Utveckling från ospecificerade organismer (7%)
4. Utveckling från makroorganismer (t. ex. ödlor) (10%)
5. Utveckling från mindre organismer/mikroorganismer (36%)
6. Utveckling från icke levande materia (13%)

Det är alltså 60-70 % av eleverna som på respektive uppgift uttrycker en allmän evolutionstanke. Några mekanismer för hur utvecklingen går till beskrivs dock ej.

UPPGIFT 5

1. Diskutera nedanstående figur. Vad tycker du är bra med figuren? Vad tycker du är mindre bra/dåligt med figuren? Kan den vara användbar i undervisningen? Eventuella förslag till förbättring?



Figur 1. Vetenskaplig och vardaglig förklaring av evolutionsförlopp.⁹

UPPGIFT 6

1. Det är få elever (mindre än 20 %) som uttrycker att evolutionen tog sin början i icke-levande materia (se sidan 15). Vad tror du det beror på? Hur kan man undervisa om övergången från icke levande till levande?
2. Diskutera begreppet anpassning. Vilka olika betydelser finns? Diskutera olika möjligheter att klargöra dessa betydelser för eleverna
3. Variation är ett nyckelbegrepp för att förstå anpassning genom naturligt urval. Diskutera hur begreppet kan klargöras!

UNDERVISNINGSEXPERIMENT

En modell för begreppsförändring och dess tillämpning

Vardagstänkande för att förklara evolutionära förlopp är mycket vanligt, både före och efter undervisning. Detta faktum har stimulerat till ett antal försök att hjälpa elever att övergå från ett vardagligt till ett vetenskapligt sätt att tänka.¹⁰

Många studier har som teoretisk utgångspunkt en modell för begreppsförändring, som formulerats av Strike och Posner med flera.¹¹ Utgångspunkten är att individen har någon form av 'teori' angående ett fenomen eller förlopp, men fås att uppleva att denna 'teori' är otillräcklig. Individen blir då missnöjd, vilket kan vara positivt eftersom han/hon då också blir intresserad och mottaglig för alternativ. Om ett sådant presenteras och är begripligt och rimligt, så blir individen intresserad av det nya sättet att förklara och får lust att undersöka det, t. ex. genom att använda den nya teorin till att lösa problem.

Denna modell har tillämpats i olika undervisningsexperiment. Ett exempel är en historisk uppläggning av evolutionsundervisningen¹². Lektionsserien inleds med en allmän beskrivning av den biologiska evolutionen och går sedan in på hur Lamarck förklarade evolutionära förändringar, t.ex. hur giraffen fick sin långa hals. Daglig sträckning gjorde den lite längre, och denna förvärvade egenskap överfördes till avkomman. Lamarcks sätt att tänka antas vara i linje med hur de studerande är benägna att resonera, och undervisningen förväntas göra eleverna uppmärksamma på vardagstänkandet. Men så introduceras experiment från vetenskapshistorien som gjorde att man ifrågasatte Lamarck, bl.a. ett i vilket svansarna på råttor kapades i generation efter generation utan att svanslängden tenderade att avta. Detta antas skapa missnöje med Lamarcks teori, dvs. också det egna sättet att tänka. Läraren inför då Darwins teori, som eleverna förhoppningsvis begriper och tycker verkar plausibel. Många tillfällen att använda teorin arrangeras sedan.

En annan teknik som använts både för att introducera ett avsnitt och för att tillämpa nytt kunnande i olika situationer, är problemlösning i små grupper.¹³ Ett exempel är att fyra elever i en grupp först löser ett problem var och en för sig (t. ex. det om gepardens förmåga att springa), och därefter försöker diskutera sig fram till en lösning som alla är överens om, och som redovisas för klassen. Härefter vidtar en klassdebatt om olika gruppers förslag. Variationen av framförda teorier kan ge upphov till diskussioner, i vilka läraren på lämpligt sätt kan gå in med frågor, invändningar och klarlägganden.

Det finns indikationer på att undervisning enligt Strikes och Posners modell för begreppsförändring ger bättre resultat än om läraren bara förklarar teorin om naturligt urval och eleverna läser i sina böcker och gör olika övningsuppgifter. Även undervisning där problemlösning i grupp är ett återkommande inslag tycks ge bättre resultat än om detta inslag inte förekommer. De elevgrupper som undersökts går i allmänhet på motsvarande senare gymnasie- eller tidig universitetsnivå. Undervisningsinsatsen rör sig om 4-6 lektioner under en vecka. Konstaterade förbättringar från för- till eftertest är ofta tydliga nog, men likväl är det en betydande andel (minst 50%) som inte lär sig använda Darwins teori om naturligt urval.

Begreppsförändring och begreppsekologi

I ett par studier av amerikanska elever på motsvarande gymnasienivå har man intresserat sig för att mer detaljerat försöka beskriva hur begreppsförändring sker hos enskilda elever.¹⁴ Undersökningsmetoden har varit återkommande intervjuer. Författarna har undersökt om Strikes och Posners modell om begreppsförändring stämmer in på deras elever. Studierna visar att begreppsförändring kan gå snabbt i och med att eleven upplever Darwins teori som begriplig och rimlig, och övergår till denna. Men förändringen kan också ske gradvis. Eleven inser efter hand att han/hon kan tillämpa den nya teorin i olika sammanhang.

En tredje typ av begreppsförändring består i att eleven gradvis tillägnar sig ett nytt begrepp, t.ex. mutation, samtidigt som han/hon behåller sin gamla förklaringsmodell. Mutation kanske till att börja med bara betyder förändring för eleven, sedan en förändring som är fördelaktig för organismen och slutligen en genetisk förändring som kan medföra att avkomman får nya egenskaper. Det är först när den senare betydelsen är klar som eleven kan förstå teorin om evolution genom naturligt urval. Den här typen av förändring pekar på att det behövs tid och mycket variation i undervisningen för att den nya teorin skall bli elevens egendom. Ytterligare en typ av begreppsförändring är att eleven tillägnar sig den darwinistiska teorin men behåller en egen uppfattning parallellt, t.ex. att Gud har skapat det levande.

Dessa resultat anknyter till en intressant aspekt av Strikes & Posners modell, nämligen synsättet att ett begrepp eller en teori är en del i ett nätverk av andra begrepp. Man talar om en begreppsekologi. Detta nätverk påverkas också av t.ex.

motivation, religiösa uppfattningar, syn på naturvetenskap, syn på skolan och på lärande. Man tänker sig att en begreppsändring påverkar, och påverkas av, det nätverk av begrepp i vilket det fokuserade begreppet ingår.

Ett försök att belysa begreppsekologisk dynamik har gjorts genom att följa några amerikanska elever på gymnasienivå under cirka ett års biologiundervisning med evolution som integrerande tema, bl. a. genom att intervjua dem upprepade gånger.¹⁴ Bland resultaten kan nämnas att en studerande brottades med en spänning mellan en stark religiös tro och vetenskapens förklaring av den biologiska utvecklingen. Till att börja med accepterar hon bara mikroevolution, dvs. mindre modifieringar av Guds skapelse. Senare kan hon tänka sig att fåglar och krokodiler har evoluerat från dinosaurier, och att människan 'härstammar från neandertalaren', men opponerar sig kraftigt mot att livet uppstått ur död materia: 'I definitely do not think that my ancestry is from the mud.'

En annan studerande har som sin grundinställning till naturen att den är en källa till glädje och estetisk njutning. Hon är helt främmande för att den rymmer kausala sammanhang som kan förstås med hjälp av teorier. Vidare uppfattar hon naturvetenskapligt kunnande som statistiskt och sant. Hennes begreppsekologi är naturligtvis en mindre gynnsam omgivning för resonemang för och emot Lamarcks evolutionsteori och för att pröva giltigheten hos Darwins teori. Det visade sig också att hon hade betydande svårigheter att tillägna sig denna.

Sammanfattningsvis kan man säga, att ovan beskrivna studier beskriver och föreslår betingelser, som kan förbättra undervisningen, samt vidgar förståelsen för begreppsbildningens komplexitet och individualitet.

UPPGIFT 7

1. Diskutera innehållet i de beskrivna undervisningsexemplen ovan. Finns det något i dem som du kan använda för att utveckla din egen undervisning? Skissera på nya idéer och diskutera dessa med kollegor.
2. Det är vanligt i grundskolan att evolutionen behandlas sent i biologikursen, ofta i slutet av skolår 9. Diskutera för- och nackdelar med att introducera evolutionsteorin tidigare och därefter låta evolutionen vara en röd tråd i hela kursen.
3. Diskutera Strike och Posner's modell för begreppsförändring (sidan 17 och framåt). Tycker du att deras modell stämmer med dina egna erfarenheter av elevers lärande?

ATT LÄSA

Om du vill orientera dig om var evolutionsteorin står i dag så rekommenderar vi:

1. 'Den skapande evolutionen' (147 s) av professor Torbjörn Fagerström. Den utgavs 1995 och ingår i 'Forskningens frontlinjer', en serie populärvetenskapliga böcker utgivna av Scandinavian University Press.
2. Några populärvetenskapliga verk, t.ex.:
 - Dawkins, R. 1995. Livets flod. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.
 - Diamond, J. 1999. Varför är sex så roligt? Hur sexualiteten utvecklades hos människan. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.
 - Uddenberg, N. 1998. Arvsdygden. Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.
3. Två verk för dig som vill gå på djupet med evolutionsteorin:
 - Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary Biology. Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates, Inc.
 - Ridley, M. 1996. Evolution. Boston MA, USA: Blackwell Sci.

Några grundbegrepp förklaras i BILAGA 1: 'Teorin om evolution genom naturligt urval'.

NOTER

1. Problemet är hämtat från Bishop och Anderson (1990).
2. Också detta problem är hämtat från Bishop och Anderson (1990).
3. Bishop & Anderson (1990); Demastes, Good & Peebles (1996).
4. Cummins & Remsen (1992).
5. Mayr (1961).
6. Cummins & Remsen (1992).
7. Landström (1995); Zetterqvist (1995).
8. Ibid.
9. Figuren bygger på Bishop & Anderson (1990).
10. Bishop, & Anderson (1990); Demastes, Good & Peebles (1995); Demastes, Good & Peebles (1996); Demastes, Settlege, & Good (1995); Jensen & Finley (1995); Jensen & Finley (1996); Jiménez-Aleixandre (1992).
11. Posner, Strike, Hewson, & Gertzog (1982); Strike & Posner, (1982); Strike & Posner (1992).
12. Jensen & Finley (1995; 1996).
13. Se t. ex. Jiménez-Aleixandre (1992).
14. Demastes, Good & Peebles (1995; 1996).
15. Demastes, Good & Peebles (1995).

REFERENSER

- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Cummins, C. L., & Remsen, J. V., Jr. (1992). The importance of distinguishing ultimate from proximate causation in the teaching and learning of biology. In S. Hills (Ed.), *History and philosophy of science in science education: Proceedings of the second international conference for history and philosophy of science in science teaching* (Vol. 1, pp. 201-210). Kingston, Ontario, Canada: Mathematics, Science, Technology and Teacher Education Group and Faculty of Education, Queens University.
- Demastes, S. S., Settlage Jr., J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 535-550.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education* 79(6), 637-666.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1996). Patterns of Conceptual Change in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 33(4), 407-431.
- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education* 79(2), 147-166.
- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching* 33(8), 879-900.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories?: a classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14(1), 51-61.
- Mayr, E. (1961). Cause and effect in biology. *Science* 134, 1501-1506
- Landström, J. (1995). '...djur kan ju inte bildas ur tomma intet' – elever skriver om djurens evolution. I B. Andersson (Ed.), *Forskning om naturvetenskaplig undervisning. Rapport från en rikskonferens i Mölndal 19-29 juni 1995. Rapport NA-SPEKTRUM nr 19* (sid. 83-104). Mölndal: Inst för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66:2, 211-227.
- Strike, K.A., & Posner, G.J. (1982). Conceptual Change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231-240.
- Strike, K.A., & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In: Duschl, R.A. & Hamilton, R.J. (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp.147-176). New York: State University of New York Press.
- Zetterqvist, A. (1995). '...de kan ju inte bara helt plötsligt börja växa' – elever skriver om växters evolution. In B. Andersson (Ed.), *Forskning om naturvetenskaplig undervisning. Rapport från en rikskonferens i Mölndal 19-29 juni 1995. Rapport NA-SPEKTRUM nr 19* (sid. 63-82). Mölndal: Inst för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet

BILAGA 1

TEORIN OM EVOLUTION GENOM NATURLIGT URVAL

Varför ändras renpopulationen?

Vi tänker oss att en population renar observeras vid en viss tidpunkt. Det finns en stor variation i benlängd. 20% klassas som kortbenta, 60% något längre och 20% som långbenta. Observationerna visar vidare att renar med kortare ben springer lite långsammare än de med längre. En varg som jagar en kortbent ren har därför god chans att hinna upp den. Kalas för vargen, men slutet för renen. En långbent ren däremot hinner undan och lever vidare.

Flera rengenerationer senare observeras populationen ånyo. Nu är det bara 10% som klassas som kortbenta, 40% som har något längre och hela 50% som har långa ben. Hur kan detta komma sig?

Förklaring med hjälp av teorin om naturligt urval

Biologiskt förklaras det som hänt med teorin om naturligt urval. Den introducerades av Charles Darwin i mitten på 1800-talet och har sedan dess vidareutvecklats och fördjupats. Ett viktigt steg var att teorin i början av 1900-talet kopplades till Gregor Mendels arbeten om ärftlighet och den framväxande genetik. I dag har teorin om naturligt urval, eller evolutionsteorin som den också kallas, en mycket central ställning i biologin genom att den ger en enhetlig tolkning av otaliga observationer.

Hur blir då tillämpningen av teorin på vårt exempel med renarna? Vi noterar först att det i populationen finns en variation i egenskapen benlängd, och vi antar att benlängd är ärftligt betingad. Långbenta föräldrar tenderar att få långbent avkomma osv. Vidare tenderar som nämnts kortbenta renar att bli uppätta i större utsträckning än långbenta. Därför har de mindre chans att få ungar än de långbenta. Eftersom benlängd är ärftlig betyder denna skillnad i reproduktiv framgång att andelen renar i populationen med korta ben minskar och andelen med långa ökar. På grund av att det är en fördel med långa ben i den miljön sker det alltså en selektion, eller ett naturligt urval, av egenskapen långbenthet. Varje ny generation kommer att vara något annorlunda än föräldragenerationen. Skillnaden i vårt exempel är att andelen långbenta individer har ökat, och övriga andelar minskat. Denna skillnad kallas evolution. Det är populationen som evolverar, inte de enskilda individerna.

I vårt exempel evolverar renen genom att andelen individer med långa ben ökar. Man talar också om evolution då egenskapen i sig själv utvecklas. I exemplet ovan skulle renarna dessutom kunnat utveckla ännu längre ben, dvs. maximala benlängden i populationen skulle ha ökat. Ofta sker båda processerna samtidigt. I bägge fallen ökar medelvärdet av benlängden i populationen.

Föregångaren Lamarck

En föregångare till Darwin var Lamarck. Han vände sig mot den då rådande synen att naturen och dess ordning skapats av Gud och var uttryck för hans vilja. Denna syn omfattades av Linné, som tänkte sig att arterna ingick i en hierarki med Gud överst, följd av änglarna, människan, djuren och lägre livsformer. Antalet arter var fixt, givet av Gud i skapelsen. Människan var kronan på hans verk.

Enligt Lamarck hade livet i dess nuvarande mångfald inte skapats en gång för alla utan evolverat från lägre stående organismer, från vilka allt fler och allt komplexare arter med tiden uppstått på grund av förändringar i omgivningen. Han förklarade detta med att organismerna hade en inre drivkraft att utvecklas från lägre till högre former, och att egenskaper som en individ förvärvar under sin livstid kunde ärvas vidare. Om en organism t. ex. hade behov av att springa fort, så tränade den upp sin förmåga att göra detta, och den förbättrade förmågan kunde ärvas vidare.

I dag vet vi, tack vare landvinningar inom genetiken, att denna förklaring inte är riktig. Det avgörande är egenskaper hos DNA-molekylen. Denna är bärare av ärftlig information med hjälp av vilken olika ämnen kan bildas, nödvändiga för cellens livsuppehållande processer. Dessa ämnen är primärt proteiner, vilka i egenskap av enzymer styr olika funktioner. DNA-informationen kan också användas till att bygga DNA, vilket sker vid celledelning, då DNA-molekylen kopierar sig själv. Men DNA kan inte byggas om genom påverkan från molekyler som bildats till följd av att individen genom erfarenheter under livets gång förändrat sina egenskaper. Så kallad 'omvänd kodning' förekommer alltså inte.

Var kommer slumpen in i evolutionen?

Om nu omvänd kodning inte förekommer – hur kan då nya egenskaper uppstå? Det är ju onekligen en viss skillnad mellan t.ex. en lövgroda och en elefant. Dessutom har ju individerna inom en art varierande egenskaper. Den variation som finns och de nya egenskaper som uppkommer har sin grund i förändringar av DNA-molekylen. Dessa förändringar kallas mutationer och är slumpmässiga i det att de uppkommer oberoende om de är till fördel för individen eller inte. Mutationer sker hela tiden spontant men kan också induceras av t.ex. strålning eller mutagena ämnen. Hos organismer med sexuell fortplantning har endast de mutationer som sker i könsceller evolutionär betydelse.

Mutationer är alltså grunden till den variation som finns idag. Förutom mutationer finns hos sexuellt reproducerande organismer ytterligare källor till variation, som också är slumpmässiga i förhållande till om de är till fördel för individen eller inte. Denna ytterligare variation uppkommer genom omkombinationer av det genetiska materialet, under bildning och sammanslagning av könsceller (meios och zygotbildning). Detta ger upphov till en gigantisk variationspotential hos

dessa organismer. Eftersom de flesta egenskaper påverkas av flera gener har omkombinationerna stor betydelse för uppkomsten av nya egenskaper.

Om de nya egenskaperna som uppkommit genom mutationer och omkombinationer främjar individens möjligheter att fortplanta sig, så tenderar de att föras vidare till ytterligare generationer. Det är det naturliga urvalet som verkat på den variation som finns i populationen. Det naturliga urvalet är ingen slumpprocess utan de individer som har fördelaktiga egenskaper i en viss miljö får fler avkommor och bidrar i en större utsträckning med sina gener till kommande generation.

Med andra ord kan man säga att ett evolutionsförlopp i sin helhet inte är slumpmässigt. Det utgår från slumpmässigt uppkommen variation i egenskaper mellan olika individer och på denna variation verkar det naturliga urvalet. Slumpen finns med som moment i förloppet, nämligen då DNA-molekylen förändras och då omkombinationer av det genetiska materialet sker vid sexuell fortplantning.

Geografisk artbildning

Denna typ av artbildning vet man troligen mest om och den innebär att en population splittras upp i två eller flera delpopulationer, vilka isoleras från varandra. På grund av olikheter i miljön evolverar delpopulationerna olika. En egenskap som är fördelaktig i en viss miljö behöver inte vara det i en annan. På så vis gynnar det naturliga urvalet olika egenskaper i olika miljöer. Till slut är skillnaderna mellan organismer i de olika delarna så stora att de inte parar sig med varandra. Många möjligheter till geografisk isolering har skapats av naturen genom tiderna, t. ex. genom att kontinentalplattor delats eller att öar uppstått genom vulkanisk aktivitet.

Evolutionen har varken mål eller syfte

Naturvetenskapen skildrar livets evolution som ett resultat av slumpmässiga genetiska förändringar som utsatts för det naturliga urvalet. Gud, en högre intelligens, en plan, ett syfte eller vad man nu skall kalla det, finns inte med i denna teoribyggnad. Detta betyder inte att biologin förnekar Gud, ej heller att den förespråkar Guds existens. Inga naturvetenskapliga teorier kan bevisa att Gud finns eller inte finns. Naturvetenskapen har inte verktyg för att testa detta. Biologin som sådan kan alltså inte ta ställning till religiösa frågor.

BILAGA 2
SEX BIOLOGIUPPGIFTER

Uppgift 1

I en tidningsnotis kunde man för några år sedan läsa att 15% av eleverna i en skola drabbats av huvudlöss. Det påpekades att den exakta orsaken till denna epidemi inte var känd, men att det mesta pekade på att bekämpningsmedel inte hade någon effekt på lössen. Förklara varför bekämpningsmedel som en gång varit effektiva inte längre hade någon effekt på huvudlöss!

Uppgift 2

I framtiden kommer med stor sannolikhet helt nya ärftliga egenskaper att utvecklas hos levande organismer – egenskaper som aldrig funnits tidigare. Vad är ursprunget till en helt ny ärftlig egenskap?

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

- Individens behov av egenskapen
- Slumpvisa förändringar i arvsmassan
- Artens strävan efter att utvecklas
- Naturens strävan efter jämvikt

Uppgift 3

Människor är som du vet olika. Om man med lottens hjälp väljer ut 100 friska flickor eller pojkar som är lika gamla så kommer man att finna att de har olika längd, kroppsform, hudfärg, motståndskraft mot sjukdomar, känslighet mot ämnen (t.ex. allergier), temperament och så vidare.

Även prästkragar är olika. Om man väljer ut 100 friska prästkragar på en stor äng så kommer man att finna många olikheter bland dem.

a) Ge exempel på några olikheter bland prästkragarna.

b) Förklara hur det kan komma sig att prästkragarna är olika.

Uppgift 4

I en artikel i Svenska dagbladet den 4 januari 2000 kunde man bl. a. läsa:

'Flera larmrapporter säger att virus kan bli motståndskraftiga mot mediciner på samma sätt som överkonsumtion av penicillin och annan antibiotika har gjort att bakterier utvecklats resistens mot ett eller alla läkemedel. En okontrollerad användning av de nya virusmedicinerna, som kallas antiviraler, kan leda till problem av samma proportioner som multiresistenta bakterier.' Vidare framhölls: 'De fruktade virusen utvecklar motståndskraft mot den nya behandlingen, i vissa fall redan efter ett par dagar.'

Vilket av följande påståenden anser du bäst förklarar att virus 'utvecklar motståndskraft' mot antiviraler:

- Enskilda virus utvecklar resistens efter att ha blivit utsatta för antiviraler.
- Viruspopulationerna behöver bli antiviral-resistenta för att kunna överleva.
- Några få virus var antiviral-resistenta redan innan medlet började användas.
- Viruspopulationerna blev antiviral-resistenta av en slump.

Uppgift 5

Skörbjuggsörten växer på strandängarna vid havet. Den tål torka bra då den har köttiga, vattenlagrande blad. Hur skulle en biolog förklara hur skörbjuggsörtens köttiga blad har utvecklats, om man antar att skörbjuggsörtens förfäder hade betydligt tunnare blad? Förklara så noga du kan!

Uppgift 6

En population renar observeras vid en viss tidpunkt. Det fanns stor variation i benlängd. 20% klassades som kortbenta, 60% något längre och 20% som långbenta.

Flera rengenerationer senare observeras populationen igen. Nu är det bara 10% som har korta ben, 40% som har något längre och hela 50% som har långa ben. Hur kan detta komma sig? Förklara så noga du kan!

WORKSHOP 3

*FORMATIV UTVÄRDERING
MED FOTOSYNTES SOM EXEMPEL*

FORMATIV UTVÄRDERING MED FOTOSYNTES SOM EXEMPEL

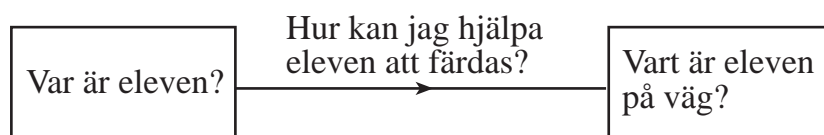
Undervisning kan sägas gå ut på att hjälpa eleven att färdas från sitt utgångsläge till uppställda mål. Ett bra hjälpmedel i detta arbete – för både lärare och elever – är formativ utvärdering. Med en sådan menas alla utvärderingsaktiviteter som ger information, vilken används till att försöka förbättra undervisning och lärande. I enlighet med detta diskuteras i denna workshop tre saker. Den första är vilka mål som kan gälla för området 'fotosyntes'. Den andra är vad forskningen har att säga om hur elever förstår och förklarar olika aspekter av det som för naturvetaren är fotosyntes. Den tredje saken är olika metoder för formativ utvärdering, såsom diagnostiska test, problemlösning i grupp, dagboksskrivande och prov för både lärande och bedömning. Många konkreta exempel inom området fotosyntes ges. Bland annat ingår ett internetbaserat test, som kan ge både lärare och elever ett snabb överblick över klassens kunskaper.

UNDERVISNING OCH LÄRANDE I ETT NÖTSKAL

Lärarens perspektiv

Man kan säga att undervisning ur lärarens synpunkt handlar om att besvara tre viktiga frågor:

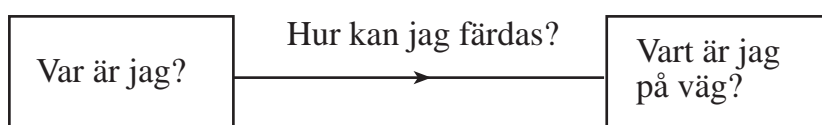
1. Vart är eleven på väg? (Lärandets mål)
2. Var är eleven? (Lärandets utgångsläge)
3. Hur kan jag hjälpa eleven att färdas från utgångsläge till mål? (Undervisningen och lärandet.)



Elevens perspektiv

Analoga frågor är aktuella för eleven själv:

1. Var är jag? (Att veta vad jag kan och inte kan, att vara medveten om hur jag tänker och att andra kanske tänker annorlunda, att veta när jag inte förstår och kunna ställa frågor om det som är oklart.)
2. Vart är jag på väg? (Att ha en uppfattning om målet för lärandet)
3. Hur kan jag färdas? (Att aktivt söka vägar för att lära, t. ex. diskutera med lärare och kamrater, ställa frågor, läsa texter, vrida och vända på kunskapsbitar och försöka koppla ihop dem.)



VAD ÄR FORMATIV UTVÄRDERING?

Uttrycket 'formativ utvärdering' syftar på utvärdering som ger information till lärare och elever, vilken används till att försöka förbättra undervisning och lärande. Det finns många möjligheter att få sådan information. Läraren kan studera och reflektera över svar på prov och diagnostiska test, lyssna på elevers diskussioner, föra dialog med enskilda elever, studera redovisningar, läsa dagböcker... Eleven kan ta del av upplysningar om vad han/hon inte förstått och av studieanvisningar, som läraren ger i form av kommentarer till prov, hemarbete, dagböcker och annat. Också kommentarer och motargument från kamrater, liksom lämpliga självdiagnoser kan hjälpa eleven till ökad medvetenhet om vad han/hon kan och inte kan, och stimulera lärande.

Formativ utvärdering förekommer givetvis i alla klassrum. Om den förbättras, så kan också undervisning och lärande förbättras, vilket en omfattande vetenskaplig dokumentation visar.¹ Men denna förändringsprocess tar tid, så man skall inte vänta sig några lättköpta segrar.

Elevdeltagande i formativ utvärdering är väsentligt. Det är fråga om att förstå målen och kriterier för goda prestationer, att ta ansvar för sitt eget lärande och att praktisera självvärdering.

MÅL OCH BETYGSKRITERIER

Mål ur lärarens perspektiv

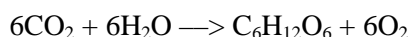
Låt oss nu försöka konkretisera det inledande resonemanget om formativ utvärdering med området fotosyntes som exempel. Vi börjar med ett förslag till mål, som är tänkt för grundskolans senare del och gymnasiets naturkunskapsundervisning. Målen är sedda ur lärarens perspektiv.

Efter att ha studerat arbetsområdet 'fotosyntesen' skall eleven kunna följande:

- Koldioxid från luften och vatten från jorden transporteras till växtens gröna delar. Där omvandlas dessa ämnen med hjälp av solljus till socker och syre. Omvandlingen kallas fotosyntes och kan skrivas så här:

koldioxid + vatten \longrightarrow socker + syre

eller, om eleverna har grundkunskaper om atomer och att dessa arrangeras om vid kemiska reaktioner, så här:



Reaktionen innebär att energi från solen binds i systemet 'socker + syre'. Man brukar inte vara så noga när man talar om detta utan säga att solenergin omvandlas till kemisk energi som är bunden i sockret.

Också vattenlevande växter utför fotosyntes. Koldioxiden som används finns löst i det omgivande vattnet.

- Växterna kan, i motsats till djuren, ta upp solenergi och omvandla denna energi till kemisk. Först bildas socker. Detta omvandlas i sin tur ofta till andra föreningar, som ger energi, och/eller används till uppbyggnad/tillväxt, t. ex. stärkelsen i en potatis eller cellulosan i ved.
- Fotosyntesen är växternas enda sätt att skaffa sig energi och det mesta av den materia (biomassa) som bygger upp 'kroppen'. Den energi som finns lagrad i växter är den enda energikällan för växtätande djur. Växterna är också den helt dominerande källan till den materia som bygger upp dessa djurs kroppar. Det betyder att utan växter så kan inga djur leva – ej heller människan! Men växter kan leva utan djur.
- Det allra mesta av den energi som människan använder för tekniska ändamål är solenergi som bundits i växtdelar genom fotosyntes. Maten vi äter och veden vi eldar är två exempel. Energin i olja, kol och gas kommer från forna tiders fotosyntes.
- För sin respiration tar växterna upp syre och avger koldioxid alla tider på dygnet. För sin fotosyntes tar de upp koldioxid och avger syre. Nettoresultatet av dessa två processer är att växterna på dagen tar upp koldioxid och avger syre. På natten är det tvärt om.*

* Det finns undantag från detta. Vissa kaktusar har sina klyvöppningar stängda under dagen för att inte förlora vatten, vilket medför att de ej kan ta upp koldioxid. De öppnar i stället sina klyvöppningar på natten, och tar då upp och lagrar koldioxid, som de sedan använder för fotosyntes då det är ljus.

Mål ur elevens perspektiv

Det är önskvärt att i början av ett undervisningsavsnitt klargöra såväl mål som betygskriterier för eleverna. Detta rymmer en paradox. Eleverna skall förstå något som de ännu inte har lärt sig! Kanske går det ändå att som inledning presentera några mål på ett sådant sätt att eleverna får en känsla för lärandets riktning. Efterhand som de gör framsteg kan målen utvecklas ytterligare.

Här följer ett förslag till mål för området 'fotosyntes', avsett för eleverna. Förhoppningsvis leder förslaget till debatt och förbättringar.

Om du sätter en växt i en kruka eller rabatt så tänker du nog att du planterar växten i jorden. Från jorden kan växten ta upp mineralämnena och vatten. Därför är planteringen i jorden helt nödvändig för att växten skall kunna leva och växa.

I avsnittet 'fotosyntesen' kommer du att få lära dig att en växt också måste vara planterad i luften! Den delen av planteringen är enklare. Du slipper smutsa ner fingrarna! Men planteringen i luften är lika viktig för växten som den i jorden. Luften är materia. I ett klassrum väger den flera hundra kilo. Den består av olika ämnen. De vanligaste är syre och kväve. Ett annat ämne är koldioxid. Växter behöver en del av dessa ämnen. Genom att vara planterade i luften så kan de ta upp dem.

Om dessa spännande saker och vad de betyder för djur och människor handlar området 'fotosyntes'. Målen är dessa:

Du skall veta

- att växter på dagen tar upp koldioxid från luften. Detta ämne och vatten från jorden transporteras till växtens gröna delar. Där omvandlas koldioxid och vatten med hjälp av energi från solen till socker och syre. Omvandlingen kallas fotosyntes och kan skrivas så här:

koldioxid + vatten \rightarrow socker + syre

Solenergin binds i sockret. Växterna behöver denna energi för att leva och växa.

- att den materia som växten tar upp från luften (koldioxid) och marken (vatten och mineralämnena) också gör att växten tillväxer. Socker från fotosyntesen kan exempelvis omvandlas till cellulosa i ved.
- att fotosyntesen är växternas enda sätt att skaffa sig energi. Den energi som finns lagrad i växter är den enda energikällan för växtätande djur. Utan växter så kan inga djur leva – ej heller människan! Men växter kan leva utan djur.
- att energin i olja, kol och gas kommer från forna tiders fotosyntes.
- att växter utbyter syre och koldioxid med den omgivande luften och hur detta sker på dagen och på natten

Betygskriterier

Här följer ett förslag till betygskriterier:

För att få godkänd skall du kunna det som kortfattat beskrivs i de fem punkterna ovan. Meriterande är också att du ställer tydliga frågor om sådant som du inte förstått och använder de svar du får för att förbättra lärandet.

För att få väl godkänd skall du kunna använda kunskaperna som beskrivs i de fem punkterna. Det kan vara fråga om

- att lösa problem
- att berätta med egna ord vad lektionerna om fotosyntesen har innehållit, och att sedan samtala med dem om detta innehåll
- att skiva ett brev och berätta vad lektionerna om fotosyntesen har innehållit
- att skriva dagbok om lektionernas innehåll och då göra egna reflexioner

UPPGIFT 1

1. Diskutera de mål som ställts upp 'ur lärarens perspektiv'! Skiljer de sig från dina egna mål för området?
2. Diskutera de mål som ställts upp 'ur elevens perspektiv'! Hur försöker du skriva mål för eleverna angående sådant som de ännu inte har kunskap om, t. ex. fotosyntesen?
3. Alla mål som angetts ovan avser kunskaper. Behövs andra typer av mål, såsom att lära sig uppskatta växter? Om du svarar jakande, så ge exempel!
4. Diskutera för- och nackdelar med de föreslagna betygskriterierna. Om du tycker nackdelarna överväger, så föreslå alternativ.

ELEVERS FÖRESTÄLLNINGAR

En hel del undersökningar har gjorts angående hur elever förstår olika aspekter av fotosyntesen.² Ett exempel på frågeställning är följande:³

Ett litet träd planteras på en äng. Efter 20 år har det vuxit upp till ett stort träd. Trädet har blivit högre, och stammen har blivit tjockare. Trädet har fått fler blad, grenar och rötter. Trädet väger 250 kg mer än när det planterades. Varifrån kommer dessa 250 kg? Förklara ditt svar så fullständigt du kan.

Vanliga svar på denna fråga är, såväl före som efter undervisning, att 'kilona' kommer från marken i form av näring och/eller vatten. Det är relativt få elever, som efter undervisning anger luften som en källa till massökning, och ändå färre som svarar med 'luftens koldioxid'. En del elever anger solen eller solljuset som en källa till massökning, vilket tyder på att gränsen mellan energi och materia är oklar.

Ett annat resultat är att det som för naturvetaren är fotosyntes av elever kan uppfattas som växternas andning: växter andas in koldioxid och ut syre, för djur och människor är det tvärt om.

Få elever är på det klara med att det är solljuset som är växternas enda energikälla, och att fotosyntes är ett nödvändigt första steg för att tillgodogöra sig denna energi. De tänker sig att också jorden, vattnet, luften och värmen från solen ger växten energi.

I tabell 1 ges en sammanfattning av elevers föreställningar, relaterade till det som för naturvetaren är fotosyntes.⁴ Tabellen illustrerar också en teknik att skriva mål, nämligen att ange dem i förhållande till vanliga vardagsföreställningar. På så sätt får man en viss precisering av vägen från utgångsläge till mål.

Tabell 1. Elevföreställningar och mål inom området 'fotosyntes'.

Innehållsaspekt	Vardagsföreställningar	Mål: vetenskapliga föreställningar
Varifrån kommer biomassan?	Växter växer genom att ta upp materia från marken (vatten och näring)	Större delen av växtens biomassa (torrvikt) kommer från luftens koldioxid.
Varifrån får en växt de energirika ämnen som den behöver?	Växter får sina energirika ämnen från omgivningen	Växter gör sina energirika ämnen själva genom att använda koldioxid och vatten samt ljus i en process som kallas fotosyntes.
Gasutbyte med omgivningen	Växter avger syre.	Växter använder hela tiden syre för sina livsprocesser. På dagen ger fotosyntesen ett överskott, som avges till omgivningen. På natten tar växter upp syre.

Innehållsaspekt	Vardagsföreställningar	Mål: vetenskapliga föreställningar
Gasutbyte med omgivningen	Växter tar upp koldioxid.	Förbränningen i alla celler gör att koldioxid hela tiden bildas i växten. På dagen tas koldioxid upp från omgivningen. På natten avger växten koldioxid.
Fotosyntesproduktens betydelse för växten	Fotosyntesen är inte viktig för växterna - den är något som görs för människors och djurs räkning	Den viktigaste produkten är ämnen, som tillsammans med syre är växtcellernas enda energikälla. Fotosyntesen är också en nödvändig utgångspunkt för uppbyggnad av växtens biomassa.
Fotosyntesens betydelse för människor/djur	Växter är viktiga därför att de avger syre som människor och djur kan andas in. Växter är också viktiga som föda åt djur, men de är inte den enda födan.	Djur är helt beroende av växterna både när det gäller att få föda och syre. Det är bara de gröna växterna som kan binda solenergi i systemet syre+föda.

Eftersom forskningslitteraturen baseras på undersökningar av andra elever än dem läraren själv undervisar kan det bli aktuellt att revidera beskrivningen av vardagsföreställningarna allteftersom man lär känna sina egna undervisningsgrupper.

DIAGNOSTISKA TEST

Möjligheter

Vi har nu beskrivit elevernas vardagsföreställningar och preciserat mål och betygskriterier. Det betyder att scenen är klar för den formativa utvärderingen att göra entré! Först kommer det diagnostiska testet. Ett sådant kan ha olika funktioner:

- Om testet används då undervisningen börjar kan eleven bli både förbryllad och intresserad då han/hon försöker besvara frågorna och få lust att veta 'hur det är'.
- Om testet används då undervisningen börjar kan läraren få en uppfattning om vad eleverna kan och inte kan från tidigare lärande och planera undervisningen härfter.
- Om testet också ges då undervisningen går mot sitt slut kan resultatet från de båda testtillfällena användas för elevens självvärdering. Vilka framsteg har jag gjort? Vad är det som jag fortfarande behöver lära mig?
- Om testet ges under pågående undervisning kan läraren notera hur lärandet i klassen har utvecklats och på basis av detta kunnande planera fortsättningen.

Kanske finns det andra möjligheter?

Ett exempel

Här följer ett förslag till ett diagnostiskt test för området 'fotosyntes'. För att skapa flera användningsmöjligheter tillhandahålls testet i både tryckt form (kopieringsunderlag i bilaga 1) och på internet.

Beträffande internetanvändningen, så kan testfrågorna besvaras i en vanlig browser (t.ex. Netscape eller Internet Explorer) från vilken dator som helst. Eleverna skickar in sina svar till en databas tillsammans med en klasskod. Både lärare och elever kan söka klassens resultat i basen genom att skriva in denna klasskod. För vidare instruktioner se

<http://na-serv.did.gu.se/diagnos/diagnos.html>

Om man vill ge eleven möjlighet att jämföra sitt resultat vid två tillfällen (t. ex. i början och i slutet av ett avsnitt) behöver internetversionen av testet kompletteras med en papper- och pennavariant. Skälet är att det inte går att identifiera en viss individ i databasen. Eleven börjar i så fall med den tryckta versionen, och knappar därefter in sina svar i datorn och skickar in. Den tryckta versionen förses med lämplig personidentifikation och sparas. Proceduren upprepas vid eftertestet.

Nätversionens fördel är att man 'med en knapptryckning' automatiskt får reda på hela klassens resultat

Här kommer ett förslag till frågor. Ett kopieringsunderlag ges i bilaga 1.

Uppgift 1. Vilka är växter?

I skolan får du lära dig om växter. Vilka av följande är en växt? Kryssa i ja eller nej.

	ja	nej
vitsippa		
kantarell		
manet		
björk		
mussla		

	ja	nej
tall		
palm		
björnmossa		
pelargonia		
solros		

Uppgift 2. Växande trädet

Ett träd växer och växer och ökar i vikt med 100 kg. Varifrån kommer det allra mesta av dessa 100 kg? (Eleven svarar på denna och följande frågor genom att markera ett alternativ.)

- A. Jord och vatten
- B. Vatten och luft
- C. Vatten och gödningsämnen
- D. Jord och gödningsämnen

Uppgift 3. Energirika ämnen

Alla organismer behöver energirika ämnen. Vad gäller om de energirika ämnen som växter på land behöver?

- A. De tas upp med rötterna
- B. De tas upp med bladen
- C. De tas upp med både rötterna och bladen
- D. De tillverkas av växten själv

Uppgift 4. Växternas blad

Växternas blad är viktiga därför att de

- A. skyddar växten från solen
- B. tillverkar socker för att växten skall kunna växa
- C. tar in dagg på nätterna
- D. lagrar vatten till växten

Uppgift 5. Hur blir trädet större?

Ett träd blir större efterhand eftersom

- A. trädet lagrar upp mer och mer näring från marken
- B. trädet strävar att växa mot solen
- C. trädet omformar andra ämnen till ved
- D. veden i trädet ökar av sig själv

Uppgift 6. Var finns trädets energi?

Vilket påstående är riktigast? Trädet lagrar sin energi i

- A. stam och rötter
- B. frö och rötter
- C. blad och rötter
- D. blad, stam, frö och rötter

Uppgift 7. Växterna och syret

Vilket påstående om växter och syre är riktigast?

- A. Växter avger inte syre
- B. Växter avger syre på dagen
- C. Växter avger syre på natten
- D. Växter avger syre både på dagen och på natten

Uppgift 8. Växterna och koldioxiden

Vilket påstående om växter och koldioxid är riktigast?

- A. Växter tar upp koldioxid på dagen
- B. Växter tar upp koldioxid på natten
- C. Växter tar upp koldioxid både på dagen och på natten
- D. Växter tar inte upp koldioxid

Uppgift 9. Växterna och vattnet

Vilket påstående om en växt och vatten är riktigast ?

- A. Växten avger inte något av det vatten som den tar upp.
- B. Växten avger allt det vatten den tar upp.
- C. Växten avger en liten del av det vatten den tar upp.
- D. Växten avger det mesta av vattnet den tar upp men behåller en mindre del.

Uppgift 10. Djuren på ön

Tänk dig att alla växter på en stor ö dör. Vad beskriver bäst det som då händer med djuren på ön?

- A. Alla djur dör så småningom
- B. Många djur dör, men en del djur som inte äter växter klarar sig
- C. En del djur som brukar äta växter övergår till annan föda och klarar sig.
- D. Bara de starkaste djuren överlever

Uppgift 11. Tallbarren

Vilket av dessa påståenden om tallbarr är mest riktigt? Tallbarren är viktiga därför att

- A. deras vassa spetsar skyddar mot angrepp
- B. de skuggar tallens rötter
- C. i barren tillverkas socker som trädet behöver
- D. de tar upp fukt från omgivningen

UPPGIFT 2

1. Pröva diagnosen ovan med elever om du har möjlighet!
2. Diskutera diagnosfrågorna och föreslå förbättringar!
3. Konstruera nya frågor av liknande typ!

FORMATIV UTVÄRDERING UNDER PÅGÅENDE LEKTIONER

Problemlösning för diagnos och återkoppling

Formativ utvärdering är ständigt pågående. Läraren ser vad som händer, lyssnar på vad eleverna säger och anpassar sin undervisning efter detta. Eleverna frågar, får svar och modifierar sitt lärande.

Man kan också medvetet arrangera situationer för att få kunskaper om hur långt eleverna kommit i sin förståelse av det aktuella området, och för att ge återkoppling till dem så att de vidgar och fördjupar sitt lärande.

En teknik är problemlösning i grupp. En grupp om t. ex. fyra eller fem elever får några problem att lösa. De skall diskutera varje problem och enas om en lösning, som skrivs ned och lämnas till läraren (det skall vara tillåtet för enskilda gruppmedlemmar att reservera sig). Läraren kan ge återkoppling i form av en skriven kommentar. En annan variant är att grupperna redovisar för hela klassen, och att olika lösningar blir föremål för debatt och kritik i samband med detta.

Man kan också ge problem som hemläxa. Svar avges skriftligt till läraren och lämnas tillbaka med lämpliga kommentarer om innehållet, vilka syftar till att stimulera fortsatt lärande.

Ett antal uppgifter som kan användas på nu beskrivet sätt presenteras nedan. Flera uppgifter finns i bilaga 2.

Prata med växterna

Ibland hör man folk säga att det är bra för växterna att man pratar med dem. Finns det något vettigt skäl för detta? I så fall vilket?

Biobränslen och koldioxiden i atmosfären

I energidebatten hävdas ofta att förbränning av biobränslen (torv, halm, ved, flis, vass m. m.) inte ger något tillskott av koldioxid till atmosfären. Vad är det egentligen man menar då? Vid förbränning av biobränslen bildas ju alltid koldioxid.

Hjärtbladen

På 1600-talet fanns en italiensk vetenskapsman som hette Malpighi. Han gjorde ett experiment där han skar av de båda hjärtbladen (de blad som växer fram först) hos en pumpa. Då visade det sig att växten dog. Vad berodde det på?

Från fördärvad till bra luft

I slutet av 1700-talet gjorde den engelske kemisten Priestley iakttagelsen att luft som blivit 'fördärvad' av andning eller genom förbränning kunde förbättras av levande växter.

På vad sätt blir luften 'fördärvad' av andning?

Vad är det som sker då levande växter förbättrar den?

van Helmonts experiment

Den belgiske läkaren van Helmont planterade i början av 1600-talet en videplanta i 200 skålpund 'skarpt torkad jord'. Plantan vägde 5 skålpund. Han lät den växa i 5 år och vattnade bara med regnvatten. Videbuskens vikt ökade till 164 skålpund. Jorden vägde fortfarande lika mycket sånar som på 3 uns. Han påstod att viktökningen hos videbusken kom från vattnet. Vad anser du om hans förklaring?

Tångruskorna

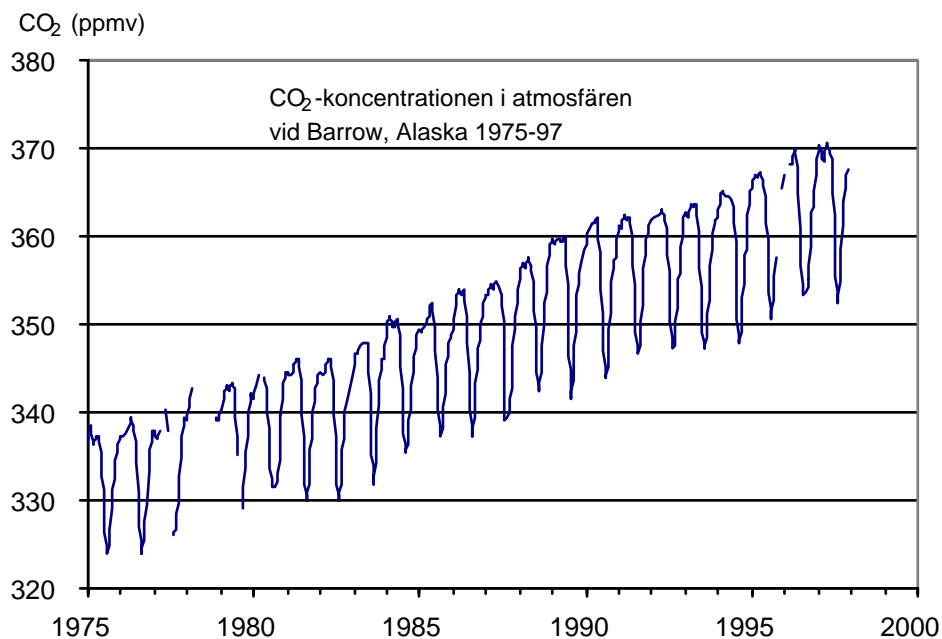
Vid havsstränderna finns mängder av bruna tångruskor i vattnet. De kan både bli större och fortplanta sig. De sitter fast direkt på stenar och klippor och har inga rötter. Vad växer de av och hur går det till?

Försämrar växterna luften i ett rum?

Den holländske vetenskapsmannen Ingen-Housz påstod att de gröna växterna försämrar luften i mörker, alldeles som djuren och vi själva. Använd det du vet om hur växter utbyter gaser med den omgivande luften för att förklara detta!

Koldioxiden i atmosfären

Diagrammet visar andelen koldioxid i atmosfären vid Barrow, Alaska under nästan 25 år. (Andelen koldioxid i atmosfären mäts i ppmv. ppm betyder 'part per million' och v 'volym'.)



Om man tittar närmare på diagrammet så ser man att det är en nedgång varje sommar. Vad beror denna nedgång på?

En liknande kurva för Australien visar också en kraftig nedgång varje år. Men den kommer alltid ett halvår senare än vid Barrow. Hur förklarar du detta?

Dagbok

En möjlighet som måhända är värd att pröva i någon undervisningsgrupp, eller med särskilt intresserade, är att eleverna skriver dagbok, som läraren då och då läser och skriver kommentarer till. Den kan innehålla reflexioner efter lektionerna, men också svar på problem och frågor som läraren ger. Beträffande fotosyntesen kan eleven i sin dagbok t. ex. få i uppgift att berätta om vad fotosyntesen har för betydelse i hans eller hennes dagliga liv: Vilken glädje och nytta har jag haft av fotosyntesen i dag?

UPPGIFT 3

1. Pröva med elever några av uppgifterna i avsnittet 'Problemlösning för diagnos och återkoppling' och/eller de i bilaga 2 .
2. Diskutera uppgifter som åsyftas i 1 och föreslå förbättringar!
3. Konstruera nya uppgifter av liknande typ!

PROV OCH LÄRANDE

UPPGIFT 4

A. Ta ställning till följande påståenden.

	håller inte alls med			håller helt med	
	1	2	3	4	5
1. De prov som jag använder testar minneskunskaper snarare än förståelse.	1	2	3	4	5
2. Mina prov och andra utvärderingsinstrument delas med andra lärare.	1	2	3	4	5
3. Mina prov och andra utvärderingsinstrument är föremål för kollegial diskussion och kritik.	1	2	3	4	5
4. När det gäller prov betonas jag betygsättning snarare än återkoppling som kan leda till att eleven förbättrar sitt lärande.	1	2	3	4	5
5. Elevers svar på prov blir föremål för kollegial analys och diskussion i syfte att förbättra undervisningen.	1	2	3	4	5
6. När ett prov lämnas tillbaka är eleven mer intresserad av sitt betyg och sin rangordning än av att förbättra sina kunskaper där det finns brister.	1	2	3	4	5

Jämför dina svar med kollegors/kurskamraters och diskutera skillnader och likheter.

Dina ställningstaganden på de sex påståendena återspeglar hur det är. Skulle du vilja ha några ändringar och i så fall varför?

VARFÖR KAN DET VARA SVÅRT ATT FÖRSTÅ FOTOSYNTESSEN?

Vid den svenska nationella utvärderingen 1992 gavs följande uppgifter till ett slumpmässigt riksurval av 3100 svenska elever i skolår 9⁵

På ett kalhygge planteras små tallplantor. Efter trettio år har de vuxit upp till en stor skog. De vuxna träden väger tusentals ton tillsammans. Varifrån har dessa tusentals ton kommit? Förklara hur Du tänkte!

Resultatet framgår av tabell 2.

Tabell 2. Varifrån kommer biomassan? Procentuell fördelning av elevsvar på kategorier. Skolår 9.

KATEGORI	EXEMPEL PÅ ELEVSVAR	år 9 n=3100
A TRÄDET HAR VÄXT	<i>Träden växer och blir tyngre ju äldre de blir.</i>	23
B FRÅN NÄRING/JORD/VATTEN, VAR FÖR SIG ELLER I KOMBINATIONER	<i>Ifrån vatten och näring som trädet sugit upp ifrån marken.</i>	28
C FRÅN SOL/SOLLJUS/LJUS, IBLAND ENBART, MEN OFTAST I KOMBINATION MED NÄRING/JORD/VATTEN	<i>Näringen från jorden och solen.</i>	11
D LUFTEN ANGES SOM KÄLLA TILL MASSÖKNINGEN, ANTINGEN ALLMÄNT ('LUFT') ELLER MED FELAKTIG BESTÅNDSDEL. ANDRA KÄLLOR KAN OCKSÅ FÖREKOMMA	<i>De tusentals tonnen har kommit från marken och luften. Träden har omvandlat detta till näring som senare har blivit träd.</i>	11
E KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING, VATTEN	<i>De tonnen kommer från trädens bark, stam, grenar mm. De uppstår genom att trädet växer, får näring och vatten från marken och koldioxid från luften.</i>	4
F KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING/VATTEN SAMT ANSATS TILL NATURVETENSKAPLIGT RESONEMANG	<i>Från koldioxiden i luften kommer mycket kol, som trädet är uppbyggt av. När det sker fotosyntes sönderdelar trädet koldioxiden till kol och syre. Kolet används till att bygga upp trädet. Syret går ut i luften igen.</i>	1
G ÖVRIGT	<i>Från rötterna</i>	4
J EJ FÖRKLARAT		19

Av svarsbilden framgår att uppgiften är svår. En femtedel ger ingen förklaring och en femtedel svarar att trädet har växt, vilket närmast är en upprepning av en förutsättning. En vanlig föreställning är att de många extra tonnen kommer från beståndsdelar i marken (30%). Cirka 10% menar att ljuset står för ett bidrag till massökningen. Luften nämns av cirka 15%, men bara 5% uttrycker sig med precision och nämner koldioxid. Liknande resultat har som tidigare nämnts erhållits i andra studier.

Hur kan man förstå dessa svar och vilken betydelse har de för undervisningen? En möjlig förklaring till det mindre goda resultatet är att eleverna har en så stark övertygelse om att en växt växer genom att ta upp materia med rötterna att den tar överhanden över skolans undervisning. Det finns en viss empirisk grund för denna vardagsuppfattning. Om man tillför 'gödning' på åkrar, i rabatter och i blomkrukor så växer det påtagligt bättre! Orsak-verkan-relationen är uppenbar och enkel. Och utan gödning blir det dålig eller ingen tillväxt, trots att det finns gott om både koldioxid i luften och vatten i jorden.

Den vetenskapliga förklaringen till att mineralämnena förbättrar tillväxten går ut på att dessa ämnen växelverkar med växtens kemiska maskineri så att detta arbetar för bättre tillväxt – för de flesta sannolikt en ganska diffus och komplex modell av orsak-verkan.

Men förklaringen till elevernas svårigheter att varaktigt förstå fotosyntesen handlar också om att de i många fall inte har byggt upp ett någorlunda stabilt system av vetenskapliga begrepp, som kan användas för att förstå undervisningen och lösa uppgifter som den ovan. De är då hänvisade till sitt vardagstänkande. Skillnaden mellan de två tankesystemen är betydande, vilket tabell 3 ger en antydning om.

Tabell 3. Aspekter av vardagligt och vetenskapligt tankesystem.

VARDAGLIGT TANKESYSTEM	VETENSKAPLIGT TANKESYSTEM
Gränsen mellan materia och ickemateria (energi) är diffus. Gaser kan vara icke materiella och ljus och värme materiella.	Gränsen mellan materia och energi är tydlig i klassisk fysik. Gas är materia och ljus och värme energi.
Materia uppfattas makroskopiskt. Nya ämnen bildas genom blandningar och transmutationer. Materia kan uppstå och försvinna (icke konservation).	Materia uppfattas atomärt. Det finns cirka 100 atomslag. Dessa bevaras vid kemiska reaktioner, dvs. massan bevaras. Nya ämnen bildas genom att atomerna arrangeras om.
Energi kan uppstå och försvinna.	Energin bevaras.

Anta nu att skolundervisningen mynnar ut i en ordformel för fotosyntesen:

koldioxid + vatten \longrightarrow socker + syre

och att det påpekas att solenergin omvandlas till kemisk energi som är bunden i sockret.

Om denna information assimileras till det vardagliga tanke-systemet finns inte mycket som stöttar försöken att förstå. Processen kanske uppfattas som en blandning som tämligen oförklarligt ger upphov till socker och syre. Det finns inga regler i vardagstänkandet som säger att dessa två ämnen väger mer eller mindre än koldioxid och vatten och att ljus inte väger någonting alls. Det vetenskapliga systemet däremot är till hjälp vid lärandet. Inom ett sådant system uppfattas det skrivna som en kemisk formel. Koldioxid och vatten är ämnen, dvs. materia. Ljus däremot är energi. De atomer som finns före finns också efter – atomerna och därmed massan bevaras. I själva verket framstår det som både önskvärt och nödvändigt att ha ett elementärt vetenskapligt tanke-system då man försöker förstå fotosyntesen.

Vetenskapshistorien illustrerar det sagda på ett bra sätt. Idén att växter får sin näring eller föda från marken finns formulerad av Aristoteles. Han ansåg att denna föda bildades i jorden under inverkan av värme. En förberedande 'matsmältning' började i jorden, varefter födan togs upp av växternas rötter. van Helmont tänkte sig att växterna växte av enbart vatten. Hans experiment och slutsats är tidigare beskrivna i form av en elevuppgift.

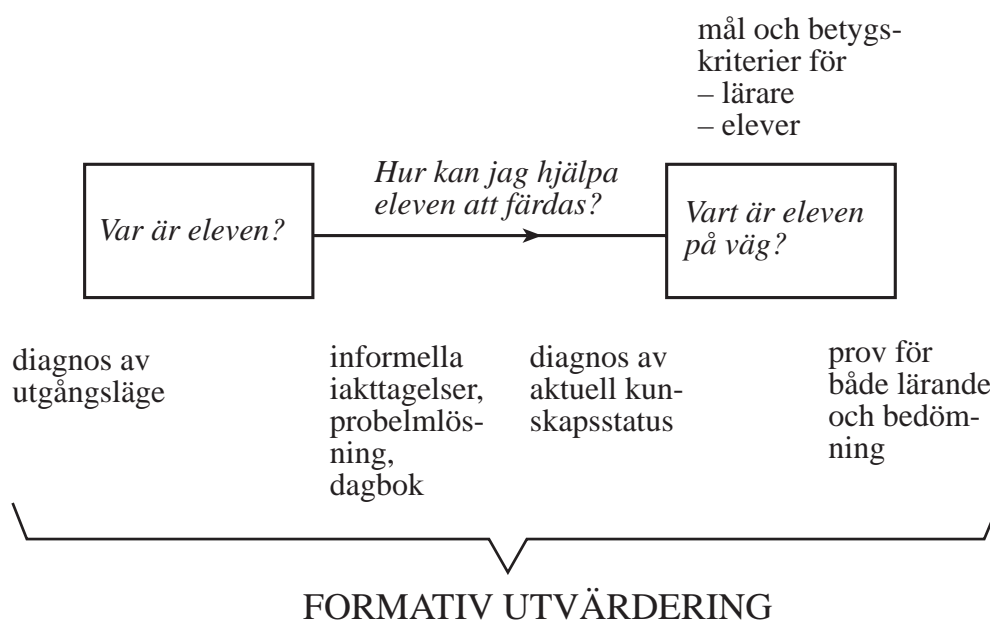
Varken Aristoteles eller van Helmont hade tillgång till det moderna gasbegreppet, som formulerades under 1700-talet. Ej heller visste de något om grundämnena och kemiska reaktioner, vare sig på makroskopisk eller atomär nivå. Dessa begrepp utvecklades under senare delen av 1700-talet och under 1800-talet. Utan dessa begrepp var det helt enkelt inte möjligt att komma fram till den beskrivning av fotosyntesen som finns i våra dagars läroböcker.

En slutsats av detta är att folkundervisningens problem inte bara handlar om hur man skall undervisa bättre om den ena eller den andra typen av processer, utan i hög grad också om hur man skall hjälpa eleverna att bygga upp ett elementärt och bestående vetenskapligt tanke-system av den karaktär som angetts i tabell 3, högra spalten.

UPPGIFT 5

I figuren nedan sammanfattas det som sagts om olika aspekter av formativ utvärdering. Tänk med figurens hjälp tillbaka på workshopen och fundera över om och hur din formativa utvärdering kan förbättras.

Dela dina tankar och idéer med kollegor/kurskamrater



VAD KARAKTÄRISERAR EN GOD MILJÖ FÖR LÄRANDE AV NATURVETENSKAP?

På rubrikens fråga kan man förvisso ge olika svar. Här följer ett sådant.

Formativ utvärdering i centrum

Förhoppningsvis har det framgått att formativ utvärdering är något som är viktigt att fokusera när det gäller att skapa en bra miljö för lärande. Men till en sådan miljö hör också att man sätter eleven, kunskapen och omvärlden i centrum.

Eleven i centrum

Att sätta eleven i centrum innebär bland annat att ofta fråga 'Var är du nu?'. Ett exempel på vad denna fråga kan leda till är att man skriver mål på det sätt som gjorts i tabell 1, dvs. jämför de naturvetenskapliga målen med elevers vardagsföreställningar. Ett annat exempel är att, som vi försökt göra, skriva 'mål ur elevens perspektiv'. Ytterligare ett exempel är de många förslag till diagnoser som getts.

Överhuvudtaget kan man konstatera att formativ utvärdering närmast är en konsekvens av att eleven sätts i centrum. Denna utvärdering går ju ytterst ut på att hjälpa eleven till allt bättre lärande. Om eleven verkligen känner att läraren vill nå fram till honom eller henne och etablera tankemässig kontakt, så förbättras förutsättningarna för att den naturvetenskapliga undervisningen blir en positiv upplevelse.

Kunskapen i centrum

Att sätta kunskapen i centrum kan ta sig olika uttryck. Det gäller att ur ett omfattande naturvetenskapligt kunnande välja väsentligheter, dvs. undervisa om grundläggande begrepp och principer som kan användas i många olika sammanhang och som är viktiga för att förstå människans livsvillkor. Fotosyntesen är ett bra exempel på kunnande av detta slag.

Ett annat uttryck är att man i undervisningen betonar förståelse. Det man har förstått kan man använda i nya situationer. Det är fråga om att tillägna sig grundläggande begrepp och principer som kan användas då man löser problem, samtalar och söker nytt kunnande i t. ex. uppslagsverk och databaser.

Exempel på betoning av förståelse är exempelvis de problem som finns i bilaga 2, och som kan användas vid gruppdiskussioner, som hemuppgifter och som provfrågor.

Läraren har en central roll när det gäller att introducera det naturvetenskapliga kunnandet och vägleda eleverna mot förståelse. Att tro att de genom eget informationssökande, t. ex. på internet, kan hitta eller skapa de grundläggande

naturvetenskapliga begreppen har inget stöd i forskning och beprövad erfarenhet. Det är läraren som är bäraren av den naturvetenskapliga kulturen. Utan lärarens begreppsintroduktioner och systematiska planering av situationer för begrepps-användning blir det ingen bestående behållning av den naturvetenskapliga undervisningen.

Det existerar heller inget vetenskapligt eller erfarenhetsmässigt stöd för hypotesen att det finns någon allmän problemlösningsförmåga eller studieteknik som man kan lära ut, och som förbereder väl för ett livslångt lärande. Det finns emellertid, för byggande av naturvetenskaplig kunskap, accepterade tillvägagångssätt att utforma experiment, skapa modeller och resonera. Detta kan ses som en del av en naturvetenskaplig problemlösningsförmåga som kan komma till användning i olika sammanhang. Men problem har också ett specifikt innehåll, t.ex. likströmskretsar eller kärnfysik, och förståelse av detta specifika innehåll är helt avgörande för om problemlösningen blir framgångsrik eller ej.

Den bästa förberedelse som skolan kan ge för fortsatt lärande inom det naturvetenskapliga området torde vara att hjälpa eleverna att bygga upp ett välorganiserat kunnande om centrala begrepp, principer och teorier inom biologi, kemi och fysik, vilket inkluderar hur detta kunnande genererats.

Eleven vågar fråga och försöka

Det är önskvärt att lektionsklimatet är sådant att eleverna känner sig trygga i sina försök till lärande. Till detta hör att vilja och våga fråga om sånt man inte förstår och att känna att det är tillåtet att ha fel när man försöker bidra till en diskussion eller annan aktivitet. Fel skall naturligtvis redas ut, men på ett stöttande och positivt sätt. Fel kan vara nyttiga och fördjupa lärandet för alla inblandade. Allt som sagts om formativ utvärdering i tidigare avsnitt är avsett att stimulera denna typ av lektionskultur. Ett idealtillstånd är måhända att kunskapen och lärandet befinner sig i fokus snarare än betyg och rangordning.

Dörren till världen är öppen

Natur, teknik och samhälle är en rik omgivning till vilken undervisningen i fysik, kemi och biologi kan kopplas. Avsnittet 'fotosyntes' erbjuder en hel del tillfällen att anknyta till de stora överlevnadsfrågorna, som diskuteras i media och som engagerar såväl vuxna som unga. Koldioxidfrågan, debatten om fossila och förnybara energikällor och världssvälten är exempel på kontaktytor mellan skolans undervisning om fotosyntesen och den omgivande världen.

NOTER

1. Black och William (1998).
2. Se t. ex. Simpson och Arnolds (1982), Bell och Brook (1984), Stavy (1987) och Wandersee (1983).
3. Andersson (1989).
4. Tabellen är en vidareutveckling av ett arbete gjort av Roth och Anderson (1987).
5. Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993.

REFERENSER

- Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap – forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering – åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* (NA-SPEKTRUM, nr 6). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.
- Bell, B., & Brook, A. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition: Summary report*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Black, P., & William, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-48.
- Roth, K., & Anderson, C. (1987). *The power plant: Teacher's guide to photosynthesis* (Occasional Paper No. 112). East Lansing: Michigan State University, Institute for research on teaching.
- Simpson, M., & Arnolds, B. (1982). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science Education*, 4(2), 173-182.
- Stavy, R. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
- Wandersee, J. H. (1983). Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In H. Helm & J. D. Novak (Eds.), *Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 441-466). Ithaca, N.Y.: Cornell University.

BILAGA 1
NÅGRA FRÅGOR OM VÅR NATUR

Uppgift 1. Vilka är växter?

I skolan får du lära dig om växter. Vilka av följande är en växt? Kryssa i ja eller nej.

	ja	nej
grönalg		
tångruska		
manet		
björk		
mussla		

	ja	nej
tall		
palm		
björnmossa		
pelargonia		
solros		

I följande uppgifter skall du ringa in ett alternativ!

Uppgift 2. Växande trädet

Ett träd växer och växer och ökar i vikt med 100 kg. Varifrån kommer det mesta av dessa 100 kg?

- A Luften
- B Vatten
- C Gödningsämnen
- D Jorden

Uppgift 3. Energirika ämnen

Alla organismer behöver föda som ger dem energi. Vad gäller om vanliga trädgårdsväxters föda?

- A Den tas upp med rötterna
- B Den tas upp med bladen
- C Den tas upp med både rötterna och bladen
- D Den tillverkas av växten själv

Uppgift 4. Växternas blad

Växternas blad är viktiga därför att de

- A skyddar växten från solen.
- B lagrar vatten till växten
- C tar in dagg på nätterna
- D tillverkar socker för att växten skall kunna växa

Uppgift 5. Hur blir trädet större?

Ett träd blir större efterhand eftersom

- A trädet lagrar upp mer och mer näring från marken
- B trädet strävar att växa mot solen
- C veden i trädet ökar av sig själv
- D trädet omformar andra ämnen till ved

Uppgift 6. Var finns trädets energi?

Vilket påstående är riktigast?

Trädet lagrar sin energi i

- A stam och rötter
- B frö och rötter
- C blad och rötter
- D blad, stam, frö och rötter

Uppgift 7. Växterna och syret

Vilket påstående om växter och syre är riktigast?

- A Växter avger syre på dagen
- B Växter avger syre på natten
- C Växter avger syre både på dagen och på natten
- D Växter avger inte syre

Uppgift 8. Växterna och koldioxiden

Vilket påstående om växter och koldioxid är riktigast?

- A Växter tar upp koldioxid på dagen
- B Växter tar upp koldioxid på natten
- C Växter tar upp koldioxid både på dagen och på natten
- D Växter tar inte upp koldioxid

Uppgift 9. Växterna och vattnet

Vilket påstående om en växt och vatten är riktigast ?

- A Växten avger inte något av det vatten som den tar upp.
- B Växten avger allt det vatten den tar upp.
- C Växten avger en liten del av det vatten den tar upp.
- D Växten avger det mesta av vattnet den tar upp men behåller en mindre del.

Uppgift 10. Djuren på ön

Tänk dig att alla växter på en stor ö dör. Vad beskriver bäst det som då händer med djuren på ön?

- A Alla djur dör så småningom
- B Många djur dör, men en del djur som inte äter växter klarar sig
- C En del djur som brukar äta växter övergår till annan föda och klarar sig.
- D Bara de starkaste djuren överlever

Uppgift 11. Tallbarren

Vilket av dessa påståenden om tallbarr är mest riktigt?

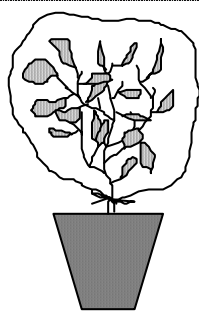
Tallbarren är viktiga därför att

- A. deras vassa spetsar skyddar mot angrepp
- B. de skuggar tallens rötter
- C. i barren tillverkas socker som trädet behöver
- D. de tar upp fukt från omgivningen

BILAGA 2

UPPGIFTER OM FOTOSYNTES

1. Växten i plastpåsen på natten



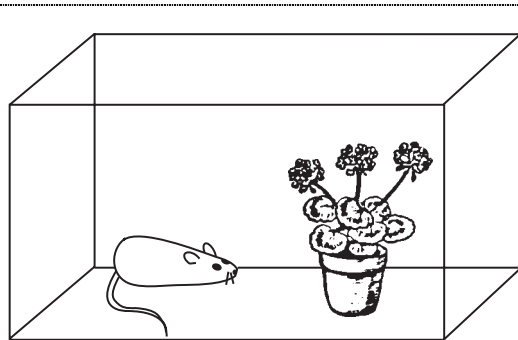
Karin fyller en plastpåse med vanlig luft (luft är en blandning av olika gaser). Sedan trär hon påsen över en krukväxt och knyter till den om stammen så som figuren visar. Knytningen är helt tät. Växten får stå i mörker en hel natt.

Här följer ett antal påståenden om vad som händer med gasblandningen i påsen, under natten. Ange för varje förslag om det är rätt eller fel.

RÄTT FEL

Mängden syre ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Musen och pelargonen i terrariet



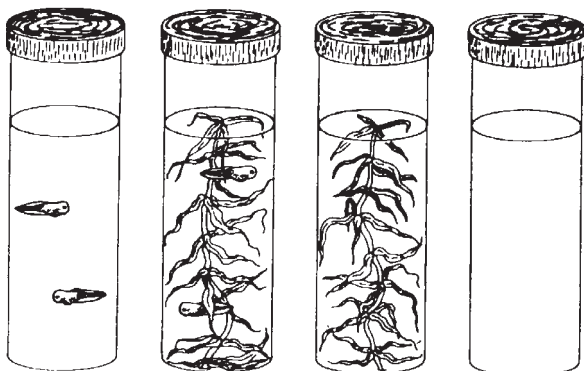
En mus och en krukväxt placeras en morgon i ett terrarium. Ett tätt lock sätts på. Hur förändras gasblandningen i terrariet under dagen?

3. Isbjörnen och järven

I utandningsluften från en isbjörn på Grönland finns molekyler av koldioxid. Vi intresserar oss för kolatomen i en av dessa molekyler. Efter flera år återfinns just denna kolatom i en muskel på framtassen hos en ung järv i de svenska fjällen. Beskriv så noga du kan kolatomens färd från isbjörnen till järven!

4. De fyra kapslarna

Tidigt en morgon gjorde två elever i ordning fyra behållare, A, B, C och D. De hade alla ett lufttätt lock. De fick stå på ett ljus ställe under hela dagen. En av eleverna påpekade att mängden syre var lika stor i alla behållare då locken sattes på. Också mängden koldioxid var då lika stor i alla behållare. Den andre eleven undrade vad som skulle hända under dagen med mängden syre och koldioxid i varje behållare. Vad skulle du svara? Skriv vad som händer i varje behållare! Förklara!



A
grod-
yngel i
vatten

B
grod-
yngel
och växt
i vatten

C
växt i
vatten

D
bara
vatten

Skriv vad som händer i
varje behållare!

Behållare A

Behållare B

Behållare C

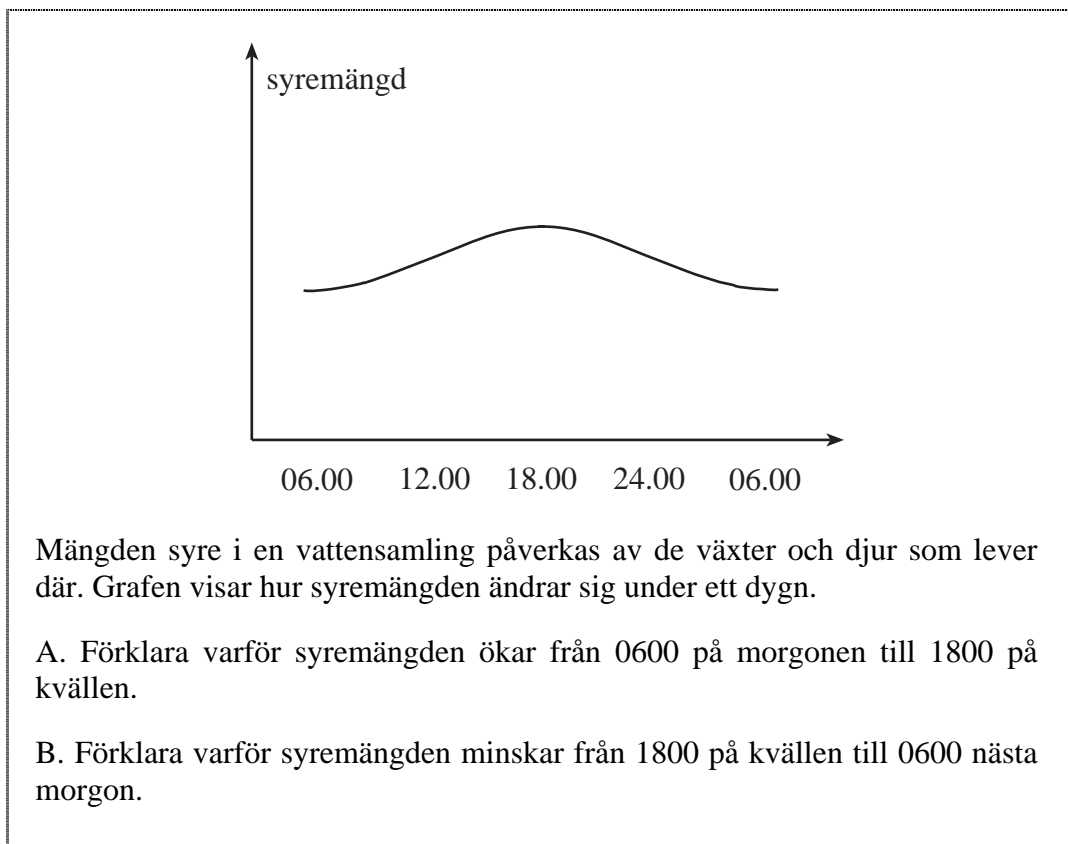
Behållare D

Håller du med om
förslaget? Förklara!

5. Tur och retur trädet

En växt avger en molekyl syre. Den består av två atomer. Det blåser, så molekylerna följer med en luftmassa bort från trädet. Men efter något år återfinns den ena av de två syreatomerna som en del av samma träd. Förklara hur detta kan komma sig genom att följa syreatomen på dess rundtur.

6. Syret i vattnet



7. Det växande trädet

Ett litet träd planteras på en äng. Efter 20 år har det vuxit upp till ett stort träd. Trädet har blivit högre, och stammen har blivit tjockare. Trädet har fått fler blad, grenar och rötter. Trädet väger 250 kg mer än när det planterades. Varifrån kommer dessa 250 kg? Förklara ditt svar så fullständigt du kan.

WORKSHOP 4

GENETIK

GENETIK

Denna workshop inleds med en utblick över den betydelse som begreppet gen har i naturvetenskapen och samhällsdebatten. Sedan redovisas fyra uppfattningar om vad en gen är – alltifrån 'gen som passiv partikel' till 'gen som information och process'. Härfter diskuteras olika problem förknippade med undervisningen i genetik: terminologin är omfattande och besvärlig för eleverna, undervisningen rör sig mellan olika organisationsnivåer alltifrån molekyl till population, den matematiska logik som kommer till användning i många genetiska problemställningar kan utgöra en särskild svårighet. Resultat av olika undersökningar av elevers begrepp inom området ingår, liksom ett förslag till testuppgifter för diagnos och utvärdering av elevernas genetiska kunnande.

BEGREPPET GEN I NATURVETSKAP OCH SAMHÄLLE

Genen är ett av de naturvetenskapliga begrepp som diskuteras allra flitigast i dagens samhälle. Den är inte bara något man ärver från sina föräldrar, utan den tillskrivs ofta också ett direkt avgörande inflytande över människors och andra livsformers egenskaper. Den 'genetiska revolutionen' anses vara viktig för samhället, inte minst ekonomiskt, men kommer också att påverka gemene man i ökande utsträckning. Exempelvis tillhandahåller den medicinska vetenskapen allt fler sofistikerade genetiska analyser som kan vara av intresse för blivande föräldrar. Andra exempel är alla de genteknologiskt framställda produkter där man kan ha olika åsikter om vad man vill köpa. Kloning av olika slag kanske inte är aktuellt för så många av oss just nu, men det är ändå ett område som ofta debatteras. Man kan alltså konstatera att kunskaper om gener förväntas bli allt mer betydelsefulla, både på det personliga planet och för samhället i stort. Grundläggande kunskaper om gener är också av avgörande betydelse för förståelsen av många biologiska frågeställningar. Gener är ju inblandade i ett antal helt fundamentala biologiska processer, exempelvis:

Ärftlighet. Överförandet av genetisk information mellan generationer. Gener kopieras och förs vidare från föräldrar till avkomma.

Utveckling och funktion. Gener kodar för proteiner och styr utveckling och funktion hos individen.

Evolution. Populationers förändring med tiden. Gener förändras, omkombineras och selekteras.

Ärftlighet handlar alltså om överförandet av genetiskt material från en föräldrageneration till dess avkomma, och om de processer som ligger bakom överförandet samt de regelbundenheter man kan se hos avkommans egenskaper. Studiet av dessa processer och mönster kallades förr för ärftlighetslära, men numera använder man vanligen benämningen genetik. Genetik är dock ett något vidare begrepp än ärftlighetslära och omfattar de flesta aspekter av genomets uppbyggnad och funktion, exempelvis även sådana som har med individens utveckling att göra. Föreliggande workshop kommer huvudsakligen att handla om genetik som ärftlighet, men även en del om utveckling och funktion, eftersom de är så intimt sammanlänkade. Evolutionen lämnar vi däremot därhän (den behandlas istället i workshopen 'Livets evolution'). Fokus kommer att ligga på grundläggande genetik varvid bl.a. elevföreläsningar och undervisning inom detta område kommer att belysas.

UPPFATTNINGAR OM GENER

Elevens syn på gener

Utgångspunkt i detta avsnitt är elevens egen syn på gener. Nedan följer ett antal typiska svar som man får om man ställer frågan 'Vad vet du om gener?' till elever i skolår 10 (delvis eget material, delvis från Venville och Treagust, 1998). Eleverna har alltså fått en allmän och öppen fråga och man kan förvänta sig att de skriver ned det första de kommer att tänka på utan att fördjupa sig alltför mycket.

1. En av de faktorer våra arvsanlag är uppbyggda av.
2. Det är arvsanlagen, det är de som bestämmer vilka egenskaper du får och sedermera vilka egenskaper dina barn kommer få
3. Gener är nåt man ärver från sina föräldrar, som bestämmer hur man ser ut och hur man är.
4. Gener sitter som band på kromosomerna och innehåller cellens information. DNA är en komplex molekyl som lagrar information.
5. Gener är ärftliga grejer som går från generation till generation.
6. Gener kontrollerar egenskaper hos personer, t.ex. ögonfärg.
7. Gener sitter på kromosomer och ger vissa egenskaper.
8. Gener är nåt man ärver från sina föräldrar.
9. Gener är bitar av information som sitter på kromosomerna. De bestämmer sånt som hårfärg och ögonfärg. Man får dem från sina föräldrar.

UPPGIFT 1

Vad tycker du är typiskt för dessa svar? Försök gruppera dem och beskriv vad som är karaktäristiskt för de olika grupperna.

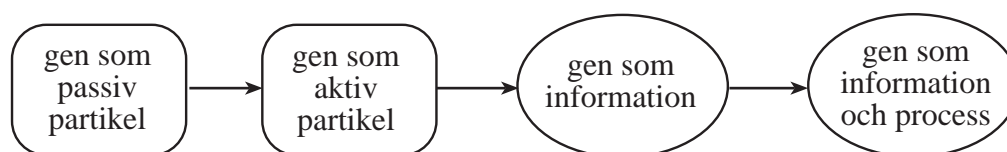
Vad tycker du svaren säger om elevernas syn på gener?

Hur tror Du att Dina elever skulle svara på en liknande fråga?

Fyra modeller av gener

Martins och Ogborn (1997) har beskrivit grundläggande tankemodeller för gener efter att ha studerat lärares (för motsvarigheten till grundskolans tidigare år) resonemang kring genetiska frågor. De fann att lärarna huvudsakligen beskrev gener som något slags partiklar, som ibland var helt passiva men ibland hade en inneboende förmåga att bestämma någon speciell egenskap hos organismen (t.ex. ögonfärg). Genen som aktiv partikel beskrevs vanligen i termer av 'en gen - en egenskap'. Genen behöver bara finnas för att organismen ska få en viss egenskap, men i modellen sägs inget om hur generna fungerar eller på vilket sätt de utövar sin aktivitet. Modellen fungerar bra för att förklara överförandet av ärftliga egenskaper, genom att partiklarnas identitet ses som stabil även mellan generationerna. För att förklara genernas effekt användes ibland en kompletterande modell jämsides med partikelmodellen. Den kopplar också ihop en gen med en egenskap, men ser gener som instruktioner snarare än som partiklar.

Venville och Treagust (1998) lägger till en fjärde modell där processen genom vilken generna utövar sin aktivitet finns med. I deras system ses de olika modellerna som successivt allt mer sofistikerade sätt att se på gener, där varje senare steg i princip innefattar de tidigare. De anser också att de fyra modellerna utgör en väg som visar den progressiva utvecklingen av elevers syn på gener.



Figur 1. Olika modeller av gener

I den enklaste (och vanligaste) modellen ses då generna som ett slags passiva partiklar som man ärver från sina föräldrar. Sedan utvecklas modellen till att partiklarna är aktiva och bestämmer vilka egenskaper man kommer att få. I tredje stadiet har modellen utvecklats till att gener nu betraktas som information snarare än partiklar, men det handlar också om information som används till något (exempelvis att bestämma ens ögonfärg). Slutligen kopplas generna ihop med proteinsyntesen, alltså den process som utgör sambandet mellan genotyp och fenotyp. Författarna försöker lyfta fram vikten av att man i undervisningen även ger eleverna mer kunskap om vad generna gör, vid sidan av vad generna är. De hävdar t.ex. att det inte kan vara särskilt meningsfullt att undervisa om sådant som mutationer eller genetisk ingenjörskonst om eleverna inte känner till något om de genetiska processer som är inblandade.

UPPGIFT 2

Vad får de olika sätten att se på gener för konsekvenser för förståelsen av ärftlighet?

Vad får de olika sätten att se på gener för konsekvenser för förståelsen av deras roll vid utveckling och funktion?

Håller du med om att genetikundervisningen borde ägna mer tid åt vad gener gör?

Olika modeller i olika situationer?

Av vad som skrivits ovan verkar det som om elever i första hand betraktar gener som partiklar som överförs mellan generationer och bestämmer egenskaper hos avkomman. Ett annat sätt att uttrycka samma sak är att säga att eleverna i första hand ser till genernas roll i ärftligheten och först i andra hand ser deras roll i individens utveckling och funktion. Eller kan det vara så att man helt enkelt får olika typer av svar beroende på hur frågan är ställd? Prova själv att besvara följande två frågor och fundera på vilken modell av gener som ger den bästa förklaringen (Martins & Ogborn, 1997):

Hur kommer det sig att samma genetiska släktdrag kan finnas i många generationer?

Hur kan olika delar av kroppen bli olika, trots att de utvecklas från samma cell?

GENETIK SOM DIDAKTISKT PROBLEMMOMRÅDE

Om mål och innehåll

En ganska vanlig åsikt bland lärare är att genetik är ett intressant område att undervisa om men att det är svårt att undervisa så att eleverna förstår. Det finns en mängd studier av de problem eleverna upplever, och vad som är orsaken till svårigheterna. I en nyligen framlagd doktorsavhandling sammanfattar Knippels (2002) dessa problemområden i fyra punkter:

1. Många cellulära processer är komplicerade
2. Terminologin är omfattande och besvärlig
3. Eleverna har svårt att relatera makroskopiska fenomen till processer på mikronivå
4. Eleverna har svårt att förstå den matematiska logiken i Mendels genetik

Målen med undervisningen i genetik är bl.a. att ge eleverna 'kännedom om det genetiska arvet' som det står i biologikursplanens mål för det nionde skolåret. Det finns alltså en direkt anvisning om att ärftlighetsaspekten av genetik ska tas

upp. Men vad inom ärftlighet ska tas upp, och vad innebär det 'att ha kännedom om det genetiska arvet'?

Ett sätt att strukturera målen med undervisningen kan vara att placera in dem på en skala mellan 'övergripande mål' å ena sidan och 'detalj mål' å andra sidan. För genetikens del skulle de stora övergripande målen kunna handla om vår världsbild, t.ex. hur vi människor ser på oss själva i ljuset av genetiska kunskaper som visar att allt liv på jorden är besläktat. Andra övergripande frågor kan gälla samhällsrelaterade frågeställningar, t.ex. vilka konsekvenser genetiska kunskaper får för vårt sätt att uppfatta mänskliga raser och kön. Detaljmål kanske kan representeras av kunskap om genetiska termer och förmågan att lösa enkla genetiska problem (som t.ex. olika typer av korsningar).

En central fråga som ligger någonstans mellan ytterligheterna på denna skala, och som vi liksom Knippels (2002) anser det viktigt att eleverna utvecklar förståelse för, är: *Hur kommer det sig att du är ganska, men inte helt, lik dina föräldrar?*

Vi har då medvetet begränsat frågan till att gälla ärftlighet hos människor, dels beroende på att många undersökningar visat att just människans arv uppfattas som särskilt intressant av eleverna, och dels för att vi anser att det är just människans arv som det är allra viktigast för våra elever att ha kännedom om.

Förståelsen av denna fråga kan grovt sett delas in i tre olika nivåer:

Makronivå. Eleven vet något om hur barn blir till och att barnet är en produkt av både mamman och pappan.

Cellnivå. Eleven känner i grova drag till de strukturer och processer i cellen som bidrar till ärftligheten (t.ex. kromosomer, gener, celledelning).

Mikronivå. Eleven känner till detaljer i de strukturer och processer som bidrar till ärftligheten (t.ex. genetiska koden, proteinsyntes, enzymer).

I skolår sex har de flesta elever en biologisk förståelse av ärftlighet på makronivå. De känner till hur man 'gör barn', att barnet på något sätt är ett resultat av mannens spermier och kvinnans ägg och att barnet liknar sina föräldrar (Björk, 1988). Som vi såg i förra avsnittet känner elever i skolår 10 också till att gener är inblandade i ärftligheten och bestämmer vilka egenskaper man får. Däremot har många av dem en ganska utvecklad förståelse av ärftlighet på cell- och mikronivå. Fokus i denna rapport ligger på cellnivå enligt ovanstående uppdelning och kan sägas ligga ganska nära den del av genetik som vanligen tas upp i grundskolans senare del (även om det kan vara viktigt att ta upp både makronivån och delar av mikronivån även där). En mer detaljerad begreppsanalys presenteras i ett senare avsnitt.

Fem frågor om celler och cellulära processer

Innan vi går vidare till de andra problemområdena inom genetikundervisningen värmer vi upp med några frågor om celler och cellulära processer som ställts till elever i åldrarna 14-17 år i internationella undersökningar (Banet & Ayuso, 2000; Lewis, Leach & Wood-Robinson, 2000). Först tre ganska enkla frågor där det bara gäller att svara ja eller nej eller att kryssa i rätt ruta i en flervalsuppgift. Därefter kommer två uppgifter som kräver lite mer tankemöda. Längre fram kan du läsa om de resultat de internationella undersökningarna kommit fram till.

1. Celler och arvs massa hos olika organismer.

Svara med Ja, Nej eller Vet ej i rutorna.

	Är de uppbyggda av celler?	Har de kromosomer?	Har de gener?
Människor			
Lejon			
Rosor			
Musslor			
Daggmaskar			
Svampar			

2. Arvs massa i olika celltyper

Svara med Ja, Nej eller Vet ej i rutorna.

	Har de kromosomer?	Har de könskromosomer?	Har de gener?
Muskelceller			
Vita blodkroppar			
Spermier			
Äggceller			
Nervceller			

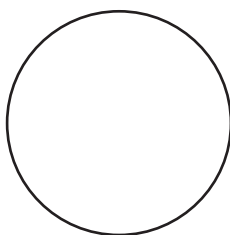
3. Vad händer med arvsmassan i det befruktade ägget när ett foster bildas?

Kryssa i ett av alternativen.

- Den delas upp mellan olika celler.
- Den kopieras så alla celler får samma arvs massa.
- Endast könscellerna får arvs massa.

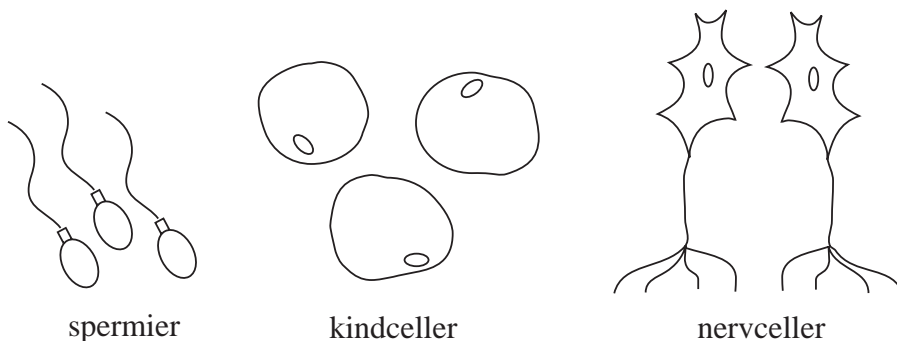
4. Kromosomer och alleler

Rita en enkel skiss av kromosomerna i en vanlig (diploid) cell med sex kromosomer. Markera allelerna (A resp. a) för en viss egenskap.



5. Roberts celler

Svara på frågorna om Roberts celler genom att sätta kryss i rutorna. Motivera dina svar!



		lika	olika	vet ej
a.	Om du kunde jämföra två av Roberts kindceller, skulle den genetiska informationen i dem vara.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans nervceller, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d.	Om du kunde jämföra två av Roberts spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UPPGIFT 3

Hur svarade du själv på frågorna?

Hur tror du att dina elever skulle svara?

Vilka genetiska baskunskaper krävs för att besvara frågorna?

Är frågorna relevanta för Dina elever?

Besvärlig terminologi

Som vi såg tidigare anses genetiken ha en omfattande och besvärlig terminologi. Nedan följer en lista på genetiska termer och begrepp som förekommer i ett vanligt läromedel för gymnasiets biologi. Sedan följer några exempel på termer som av olika skäl kan vara besvärliga för eleverna (och kanske även för oss lärare).

genetik, ärftlighetslära, gen, egenskap, celledelning, kromosom, uttryck, DNA, replikation, protein, enzym, koda, kvävebas, mRNA, transkription, ribosom, cytoplasma, translation, proteinsyntes, eukaryot, könscell, enkel uppsättning, dubbel uppsättning, virus, bakteriofag, plasmid, resistens, baspar, nukleosom, histon, triplett, tRNA, antikodon, RNA-polymeras, trifosfonukleotid, nukleotid, promotor, stoppkod, intron, exon, rRNA, genetiska koden, peptidbindning, genreglering, reglerande proteiner, regulatorgen, strukturgen, interfasa, DNA-polymeras, startsekvens, mutation, homolog, diploid, haploid, kromosomtall, vanlig celledelning, meios, centromer, systerkromatid, reduktionsdelning, mitos, kärnspole, centriol, gamet, zygot, korsa, utklyvning, allél, locus, homolog, homozygot, heterozygot, dominant, recessiv, dominant nedärvning, arvsgång, filial, korsningsschema, klyvningstal, genotyp, fenotyp, återkorsning, koppling, överkorsning, kopplingsgrupp, autosomala kromosomer, könskromosomer, könsbunden nedärvning, polygena egenskaper, ärftliga sjukdomar, förökning, könlig förökning.

UPPGIFT 4

Vilka frågor väcker denna förteckning?

Vilka termer är överflödiga?

Vilka behövs för en grundläggande förståelse av genetik i grundskola respektive gymnasiet?

Försök att fylla i listan på nästa sida för grundskolan, alternativt gymnasiet!

Lista över de viktigaste respektive de mest överflödiga genetiska termerna

Skolstadium: _____

Viktiga termer	Överflödiga termer

Gen och allel

En av de termer som elever ofta har svårt att förstå är 'allel'. De tenderar att använda 'gen' som en synonym till 'allel', vilket kanske inte är så konstigt eftersom även lärare och läroböcker ibland gör detta. Ex: 'genen för röd blomma'. Även på hög vetenskaplig nivå använder man ibland ordet gen istället för allel. Exempelvis talar evolutionsbiologer om 'genpool', när det egentligen handlar om 'allelpool'. (För att ytterligare komplicera terminologin finns inom molekylärbiologin dessutom ännu en term med snarlik innebörd, nämligen 'cistron', vilket betyder 'en bit DNA som kodar för en polypeptidkedja'.)

Sen finns det ytterligare områden där det ofta är oklart hur man ska betrakta gener. Ett känt sådant berör förhållandet mellan gener och DNA. Är gener en del av DNA eller är DNA en del av generna? Ställer man frågan så är den inte helt lätt att besvara, även om man kan sin genetik. Än mer förvirrande kan det vara när man inom vetenskapen ibland uttrycker sig tvetydigt. Vad döljer sig t.ex. bakom uttrycken att vi har 98 % av våra gener gemensamt med schimpanserna', men bara 50 % gemensamt med våra föräldrar?

Kromatid, kromosom och homologa kromosomer

Dessa termer är förvirrande för eleverna. Dels låter orden väldigt lika och dels används t.ex. termen kromosom för att beteckna lite olika saker beroende på sammanhang (vilka?). Eftersom det är mycket vanligt att elever har problem redan

med att hålla isär gener och kromosomer, så kanske det är bäst att inte krångla till genetiken med kromatider?

UPPGIFT 5

Är det nödvändigt att använda ordet 'allel' i skolans genetikundervisning? På vilket/vilka stadier i så fall?

Hur används ordet 'gen' i massmedia?

Vad är egentligen en gen?

Vad är en kromosom?

Försök definiera begreppen själv. Undersök hur de förklaras/beskrivs i läroböcker.

Homozygot, heterozygot och homolog

Genom att termerna liknar varandra samtidigt som de är väldigt specifika för genetiken får många elever problem med att hålla isär dem.

Dominant – recessiv

Dominansbegreppet inom genetiken vållar elever stora problem och det kan (miss-) uppfattas på många olika sätt: En dominant allel (gen?) uppfattas ofta som att den är vanligt förekommande, att den är stark och bra för sin bärare och att den undertrycker eller kontrollerar (eller dominerar) recessiva alleler (Allchin, 2000).

Att elever kan ha problem med vad dominans innebär är kanske inte så konstigt med tanke på att det faktiskt är ett grumligt begrepp även på högre nivåer:

1. Dominans är inte en inneboende karaktär hos en allel. Det finns ingen generell mekanism på molekylär nivå som kan förklara att en allel är dominant. Istället handlar det bara om en observerad egenskap, som är resultatet av två allelers samlade verkan.
2. I litteraturen (även i läroböcker) framställs det ofta som om alleler normalt är antingen dominant eller recessiva. Detta är helt fel. De flesta alleler uttrycks på molekylnivå, dvs. det är inte bara en av allelerna som leder till bildningen av ett protein. Resultatet blir att fenotypen påverkas av båda allelerna vid heterozygotisk anlagsuppsättning. Ett tydligt exempel är blodgrupperna. Ett annat gäller den ärftliga sjukdomen PKU, där friska anlagsbärare ofta beskrivs som 'helt normala', medan homozygoter för sjukdomen får problem med att bryta ned aminosyran fenylalanin. I själva verket har även anlagsbärarna nedsatt förmåga att omsätta fenylalanin, även om det inte brukar leda till några sjukdomssymptom. Slutsatsen är att de allra flesta egenskaper helt enkelt inte passar in i mönstret med dominans/recessivitet.
3. På svenska används ibland ytterligare en term i dessa sammanhang. Det är termen 'vikande', som används synonymt med 'recessiv'.

UPPGIFT 6


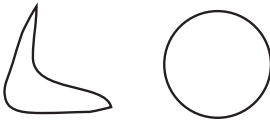

Vad är Din erfarenhet av hur dominans brukar tas upp i skolans genetikundervisning?

Hur framställs den i svenska läroböcker?

Makro- och mikronivåer

En egenhet för biologiska fenomen är att de utspelar sig på ett antal olika organisationsnivåer, allt från molekylnivå till ekosystemnivå, och att det kan vara svårt att förklara vad som sker på en nivå med egenskaper hos nivån under. Detta gäller också för genetiska fenomen, och det har visat sig att många elever har problem med att relatera makroskopiska fenomen till processer på cell- och molekylnivå. Men att det är svårt behöver inte betyda att det är omöjligt eller att man inte ska försöka att hjälpa eleverna koppla ihop de olika nivåerna. Vissa forskare anser till och med att denna koppling utgör en grundbult i förståelsen av genetik och att man som lärare därför bör lägga extra stor vikt vid detta i sin undervisning. Marie-Christine Knippels (2002) lanserar vad hon kallar för Jojo-pedagogik som ett sätt att hjälpa sina gymnasieelever att bättre koppla ihop de olika organisationsnivåerna. Hon föreslår att man börjar sin genetikundervisning på organismnivå genom att låta eleverna fundera över frågan 'Hur kommer det sig att du är ganska, men inte helt, lik dina föräldrar'. Med hjälp av olika aktiviteter guidar hon dem sedan att söka förklaringar till ärftligheten även på cell- och molekylnivå. Slutligen får eleverna tillämpa och befästa sina kunskaper genom att arbeta med olika genetiska problem (för ett exempel se tabell 1) där de uppmanas att medvetet gå fram och tillbaks mellan de olika organisationsnivåerna.

Tabell 1. Manifestation av sicklecellsanemi på olika biologiska organisationsnivåer.

POPULATION	Malaria	En allel för sicklecellsanemi skyddar mot malaria, vilket ger en fördel i det naturliga urvalet.
ORGANISM		Sjukdomssymptom
CELL		Deformerade röda blodkroppar
MOLEKYL		Förändringar av hemoglobinet tredimensionella struktur som orsakats av punktmutation av DNA

Matematisk logik

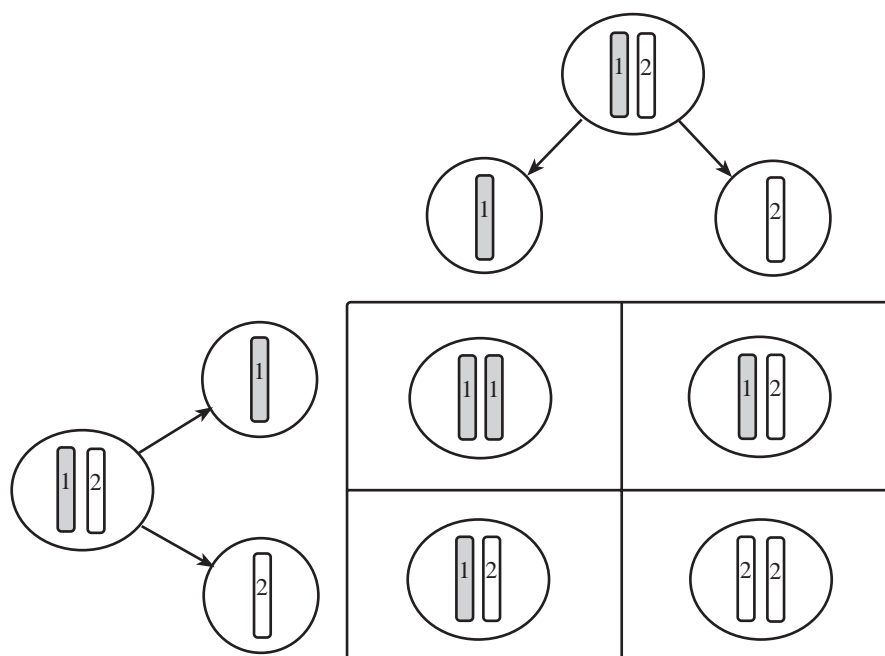
Den fjärde och sista punkten över elevers problem med genetik har att göra med den kombinatorik och de sannolikhetsberäkningar som utgör en grund i många genetiska problemställningar. Det har visat sig att många elever har svårt att klara genetiska problem som innehåller matematiska moment, t.ex. många typiska skolproblem om olika typer av korsningar. Frågan är bara om det är matematiken i sig som utgör problemet eller om det är de genetiska sammanhangen (det finns undersökningar som tyder på att det snarast är de senare).

En annan viktig fråga är vilket fokus man väljer för sin genetikundervisning och hur stor vikt man lägger på den matematiska logiken. Ibland kan genetikundervisningen komma att domineras av matematiska förutsägelser som baseras på några av genetikens modeller. Men användandet av modeller har också sina sidor.

Modeller i klassisk genetik

Om man utgår från att vetenskapliga modeller är en samling idéer som beskriver naturliga processer är det lätt att acceptera att modellerna inte är identiska med själva processerna, utan endast förenklingar av dem. Olika modeller kan dessutom vara olika grova förenklingar eller förklara olika aspekter av en process. Av detta följer också att alla modeller är behäftade med begränsningar. En bra modell är ofta en modell som har bra förklaringsvärde.

En vanlig modell inom klassisk genetik försöker förklara hur kromosomer vid bildningen av könsceller separeras och fördelas slumpvis på de olika könscellerna och hur olika kombinationer av anlag kan träffa på varandra vid befruktning. Ofta illustreras det hela i grafisk form, t.ex. som i figur 2 (ett sk. Punnet-diagram).



Figur 2. Exempel på Punnet-diagram

En annan modell som ofta används i kombination med ovanstående är modellen för enkel dominans, en gammal modell med rötter i Mendels observationer. Enligt denna modell kan t.ex. genuppsättningarna 1:1 och 1:2 i figuren leda till exakt samma fenotypiska egenskaper, medan 2:2 ger annorlunda egenskaper.

En sådan enkel dominansmodell kan användas för att förklara och förutsäga vissa fenomen inom genetik. Men bara vissa!

UPPGIFT 7

Försök hitta några exempel där ovanstående modeller är tillämpliga.

Försök hitta några exempel där de inte är tillämpliga.

Hur stor plats bör dessa modeller få i genetikundervisningen?

Begreppsanalys

Här följer en lista över baskunskaper som krävs för att förstå ärftlighet (bearbetat utifrån Banet & Ayuso, 2000 och Lewis et al, 1998):

1. Alla levande organismer består av celler.
2. Varje cell innehåller kromosomer.
3. Gener är delar av kromosomerna, och innehåller den genetiska informationen.
4. Gener består av DNA.
5. DNA kan kopiera sig själv.
6. Gener kodar för proteiner.
7. Gener kan sättas på och stängas av.
8. Celler kan bli olika beroende på vilka gener som är aktiva.
9. Kromosomer förekommer i par, en från varje förälder.
10. Gener finns i olika varianter.
11. Gener förekommer i par, men det kan vara olika varianter i paret.
12. Vid vanlig celledelning (mitos) bildas celler med samma genetiska information som modercellen.
13. Alla kroppsceller i organismen innehåller samma genetiska information (alltså identiska kromosomer och gener).
14. Könsceller bildas genom reduktionsdelning (meios) och får därmed hälften av modercellens kromosomer.
15. Könscellerna blir olika, eftersom de får ett urval av föräldrarnas kromosomer.
16. Vid befruktning sammansmälter två könsceller så att antalet kromosomer återställs.
17. Avkommor ärver genetisk information från sina föräldrar, men blir unika beroende på könscellernas slumpmässiga olikhet.

UPPGIFT 8

Anser du att något ska bort eller att något bör läggas till i listan?

Går det att undervisa om allt detta på grundskolan?

Vilka av dessa baskunskaper handlar om vad gener är, och vilka handlar om vad gener gör?

Försök göra en begreppskarta över dessa baskunskaper som visar hur de hänger ihop.

Resultat på fem frågor om celler och cellulära processer

Resultaten på de fyra första frågorna kommer från en spansk undersökning (Banet & Ayuso, 2000) där drygt hundra 16-17-åringar svarat på frågorna efter genomgången undervisning i genetik.

1. Celler och arvs massa hos olika organismer

Procentuella andelen ja-svar:

	Är de uppbyggda av celler?	Har de kromosomer?	Har de gener?
Människor	100	97	99
Lejon	100	90	91
Rosor	79	35	52
Musslor	77	56	60
Daggmaskar	94	80	79
Svampar	62	27	34

2. Arvs massa i olika celltyper

Procentuella andelen ja-svar:

	Har de kromosomer?	Har de könskromosomer?	Har de gener?
Muskelceller	55	4	41
Vita blodkroppar	44	3	29
Spermier	81	100	91
Äggceller	80	99	89
Nervceller	56	6	44

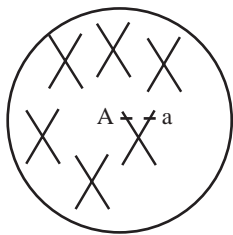
3. Vad händer med arvsmassan i det befruktade ägget när ett foster bildas?

Procentuell fördelning på alternativ:

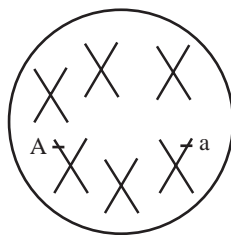
Den delas upp mellan olika celler	65
Den kopieras så alla celler får samma arvs massa	26
Endast könscellerna får arvs massa.	6

4. Kromosomer och alleler

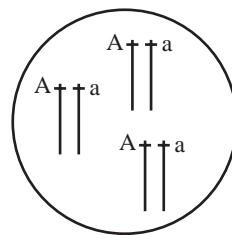
Rita en enkel skiss av kromosomerna i en vanlig (diploid) cell med sex kromosomer. Markera allelerna (A resp. a) för en viss egenskap. Procentuell fördelning av elevsvar på fyra modeller:



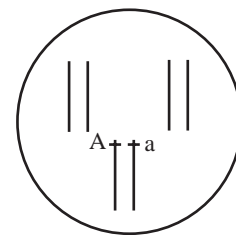
modell 1
29%



modell 2
22%



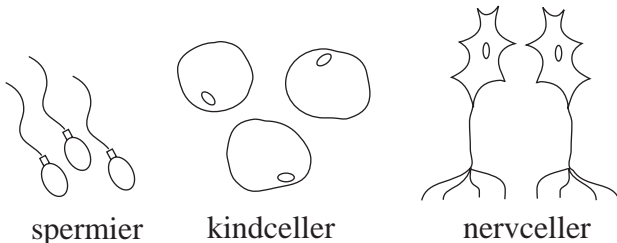
modell 3
5%



modell 4
7%

5. Roberts celler

Svara på frågorna om Roberts celler genom att sätta kryss i rutorna. Motivera dina svar!



spermier

kindceller

nervceller

		lika	olika	vet ej
a.	Om du kunde jämföra två av Roberts kindceller, skulle den genetiska informationen i dem vara.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans nervceller, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d.	Om du kunde jämföra två av Roberts spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Frågan om Robberts celler är testad på nära 500 skolungdomar (14-16 år) i England, efter att de genomgått den obligatoriska genetikundervisningen (Lewis, Leach & Wood-Robinson, 2000). Av dessa hade ca 4 % rätt på alla deluppgifterna. En stor grupp (59 % av de som besvarade alla delfrågorna) var konsekventa i sin uppfattning att varje celltyp innehåller just den genetiska information som den behöver för att utföra sin funktion. Förvirrade och motsägelsefulla svar var också vanliga.

UPPGIFT 9

Är det nödvändigt att förstå de genetiska förhållandena mellan olika typer av celler för att förstå ärftlighet?

Hur tar genetikundervisningen upp dessa förhållanden?

Vilka av det 17 punkterna i avsnittet 'begreppsanalys' behöver eleverna kunna för att besvara frågan om Roberts celler?

Ytterligare undersökningsresultat

Säkert har de flesta lärare som försökt undervisa i genetik någon gång reflekterat över de många olika processer som sker i cellerna, och vilka problem eleverna kan ha med att bygga upp en användbar förståelse för dem. I förra avsnittet redovisades resultat, dels från en brittisk studie av mer än femhundra 14-16 åringar mot slutet av deras obligatoriska skolgång (Lewis et al, 2000), och dels en spansk studie av 15-17 åringar som kommit olika långt i sina biologistudier (Banet & Ayuso, 2000). Generellt sett är resultaten i de båda studierna ganska lika varandra och visar bl.a. att eleverna har en god förståelse för att gener bestämmer egenskaper och att detta beror på att generna innehåller information. Däremot har de sämre förståelse för vad en gen är, hur den fungerar och hur den hänger ihop med andra strukturer, liksom för hur de ärvs. Många elever har också stora brister i förståelsen av så grundläggande begrepp som vad en cell är och hur celler fungerar. Observera att de flesta eleverna i undersökningen var helt klara med den obligatoriska genetikundervisningen. Några exempel på vanliga uppfattningar:

- Gener är större än kromosomer (ca 25%)
- Gener består av kromosomer (40%)
- Celler har olika genetiskt material beroende på funktion (50%)
- Kroppsceller innehåller ingen genetisk information (40%)
- Kroppsceller innehåller inga könskromosomer (90%)

Växter utgjorde ett särskilt problemområde, och de har förmodligen behandlats styvmoderligt i undervisningen, eftersom många elever ansåg att:

- Växter består inte av celler (ca 20%)
- Växter innehåller inte genetiskt material (ca 40%)
- Växter förökar sig inte sexuellt (ca 75%)

UPPGIFT 10

I en bilaga har vi ställt samman ett antal uppgifter, som kan användas för bl. a. diagnos och utvärdering av elevens kunnande. Välj ut ett antal sådana som du tycker är lämpliga för dina elever och låt dem försöka sig på att lösa dem. Sammanställ svaren och reflekterar över vad de betyder för undervisningen i genetik. Diskutera gärna med kollegor och andra intresserade.

TVÅ VIKTIGA PRINCIPER

Huvuddelen av detta häfte har tagit upp olika aspekter på undervisning av genetik. Som avslutning tar vi upp två principer som är mycket betydelsefulla och som därför bör ingå både i grundskolans och gymnasiets biologiundervisning.

Arv OCH miljö

En genom genetikens historia vanlig fråga har varit om det är arvet eller miljön som är orsaken till olika egenskaper. På senare tid har emellertid uppfattningen att frågan är fel ställd vunnit allt mer gehör. Vi tar ett exempel med genetikernas favoritdjur bananflugan för att belysa detta.

Normala bananflugor har raka vingar. På 50-talet upptäckte man på ett lab i USA att när man lät sina bananflugor utvecklas i lätt förhöjd temperatur så fick de krokiga vingar. Därmed drog man slutsatsen att egenskapen 'krokiga vingar' orsakas av den förhöjda temperaturen, dvs. av miljön. Det låter ju rimligt, men det hela var inte fullt så enkelt. När man lät andra stammar av bananflugor (med andra gener) utvecklas i den förhöjda temperaturen utvecklades de nämligen helt normalt och fick normala raka vingar. Det är alltså inte meningsfullt att i detta fall resonera i termer av arv eller miljö, utan endast i att egenskapen beror på ett samspel mellan arv och miljö.

Ett annat exempel som belyser denna problematik på ett annorlunda sätt handlar om ett typexempel på en ärftlig sjukdom, nämligen fenylketonuri (PKU). Det föds varje år en handfull barn med denna sjukdom i Sverige. Drabbade individer har en nedsatt förmåga att bryta ned aminosyran fenylalanin beroende på en ärftlig genetisk defekt. Tidigare ledde sjukdomen till mental retardation, men numera testas alla nyfödda barn och genom att tidigt sätta de drabbade på speciell diet får man dem att utvecklas helt normalt. Även egenskapen 'mental retardation', som tidigare drabbade PKU-barnen, var alltså orsakad av en speciell kombination av arv och miljö snarare än arvet eller miljön för sig.

Det handlar alltså om den gamla kontroversen mellan arv och miljö, där det finns extrema förespråkare för båda ytterligheterna, men där varje vettig bedömare sen länge insett att det nästan alltid handlar om ett samspel mellan arv OCH miljö. Skolan får inte försumma att lyfta fram detta samspel.

MÅNGA gener

Båda exemplen ovan kan också användas till att belysa en annan grundläggande princip, som är viktig för skolan att lyfta fram, eftersom massmedia ofta sprider en farligt förenklad bild. Ibland understöds den också av det sätt på vilket genetiken tas upp i skolan. Det handlar om synsättet 'en gen – en egenskap', som tenderar att överbetonas både i media och i skolan, och som i värsta fall bidrar till en ogrundad biologisk determinism.

I själva verket är det ju så att de flesta egenskaper påverkas både av miljön och av en mängd olika gener. Speciellt gäller detta alla normala funktioner. I exemplen ovan är det alltså många gener inblandade både i den normala metabolismen av fenylalanin och i utvecklandet av normala vingar. Däremot kan utvecklandet av de normala egenskaperna förhindras eller förändras genom fel på enstaka gener, men det är ändå viktigt att elever tar rapporter om att man funnit 'genen för' någonting med en stor nypa salt.

REFERENSER

- Allchin, D. (2000). Mending Mendelism. *The American Biology Teacher* 62(9), 633-639.
- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education* 84, 313-351.
- Björk, M. (1988). *Människans fortplantning*. (Rapport Elevperspektiv nr 17). Mölndal: Institutionen för pedagogik.
- Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000). What's in the cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education* 34(3), 129-132.
- Knippels, M.C.P.J. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. Utrecht: CD-β Press.
- Martins, I., & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of science Education* 19(1), 47-63.
- Venville, G.J., & Treagust, D.F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of research in Science Teaching* 35, 1031-1055.

BILAGA
UPPGIFTER FÖR DIAGNOS OCH UTVÄRDERING

1. Vad är byggt av celler?

Är följande organismer uppbyggda av celler? Sätt ett kryss för varje organism!

	JA	NEJ	VET EJ
Människor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ormbunkar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rosor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musslor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svampar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bakterier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Vilka organismer har kromosomer?

Har följande organismer kromosomer? Sätt ett kryss för varje organism!

	JA	NEJ	VET EJ
Människor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ormbunkar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rosor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musslor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svampar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bakterier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Vilka organismer har gener?

Har följande organismer gener? Sätt ett kryss för varje organism!

	JA	NEJ	VET EJ
Människor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ormbunkar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rosor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musslor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svampar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bakterier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

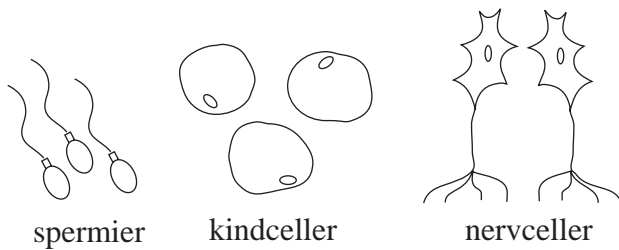
4. Sexuell förökning

Kan följande organismer föröka sig sexuellt? Sätt ett kryss för varje organism!

	JA	NEJ	VET EJ
Människor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ormbunkar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rosor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musslor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svampar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bakterier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Roberts celler

Svara på frågorna om Roberts celler genom att kryssa i en av rutorna för varje fråga. Motivera dina svar!



		lika	olika	vet ej
A.	Om du kunde jämföra två av Roberts kindceller, skulle den genetiska informationen i dem vara ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Motivering:

		lika	olika	vet ej
B.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans nervceller, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Motivering:

		lika	olika	vet ej
C.	Om du kunde jämföra en av Roberts kindceller med en av hans spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

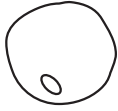
Motivering:

		lika	olika	vet ej
D.	Om du kunde jämföra två av Roberts spermier, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

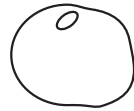
Motivering:

6. Roberts och Kalles celler

Svara på frågan om Roberts och Kalles celler genom att kryss i en av rutorna.
Motivera ditt svar!



Roberts kindcell



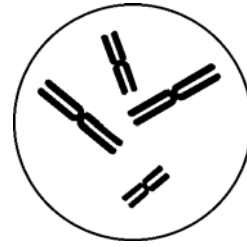
Kalles kindcell

	lika	olika	vet ej
Om du kunde jämföra Roberts kindcell med Kalles kindcell, skulle den genetiska informationen i dem vara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Motivering:

7. Vanlig celledelning

Hos djur delar sig t.ex. hudceller så att många nya hudceller bildas från en och samma modercell. Om modercellen innehåller de kromosomer som visas i den schematiska bilden till höger, vilken av bilderna A, B och C visar vilka kromosomer de nybildade hudcellerna då skulle innehålla? Sätt ett kryss!



modercell

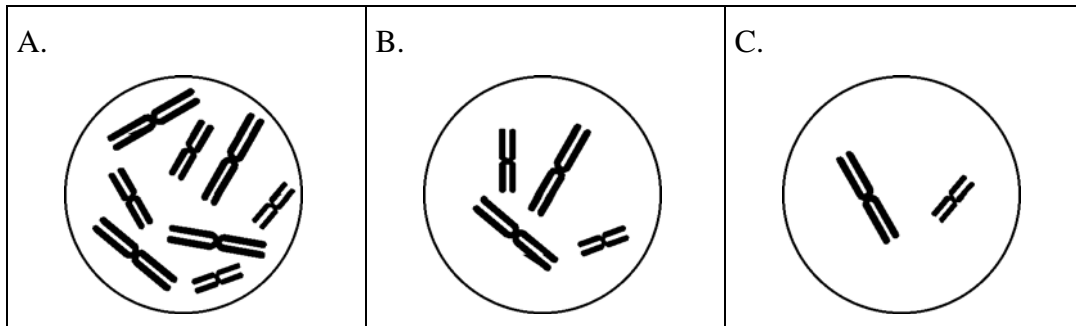


bild A

bild B

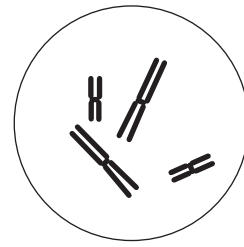
bild C

vet ej

Motivering:

8. Könsceller

Vissa celler kan också dela sig så att könsceller (äggceller eller spermier) bildas. Om modercellen innehåller de kromosomer som visas i den schematiska bilden till höger, vilken av bilderna A, B och C visar vilka kromosomer de nybildade könscellerna då skulle innehålla? Sätt ett kryss!



modercell

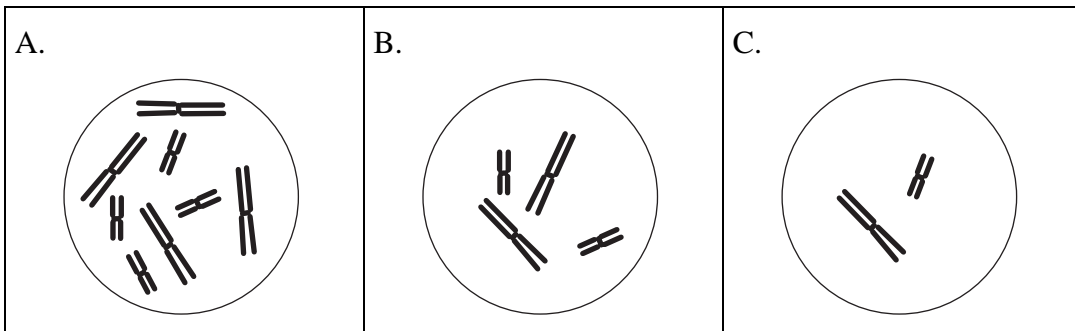

 bild A

 bild B

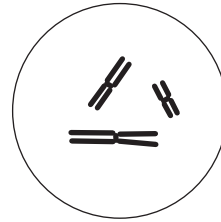
 bild C

 vet ej

Motivering:

9. Befruktning

Hos djur bildas en ny cell när en spermie befruktar en äggcell. Den nya cellen utvecklas sedan till ett nytt djur.



A. Om äggcellen innehåller de kromosomer som visas i den schematiska bilden till höger, vilken av bilderna A, B och C visar vilka kromosomer som spermierna då innehåller?
Sätt ett kryss!

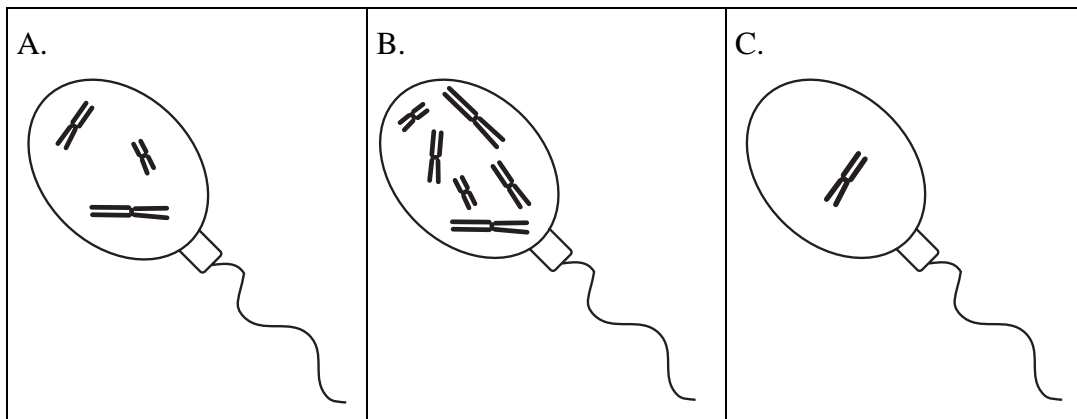


bild A

bild B

bild C

vet ej

Motivering:

B. Vilken av bilderna A, B och C visar vilka kromosomer som den befruktade äggcellen kommer att få? Sätt ett kryss!

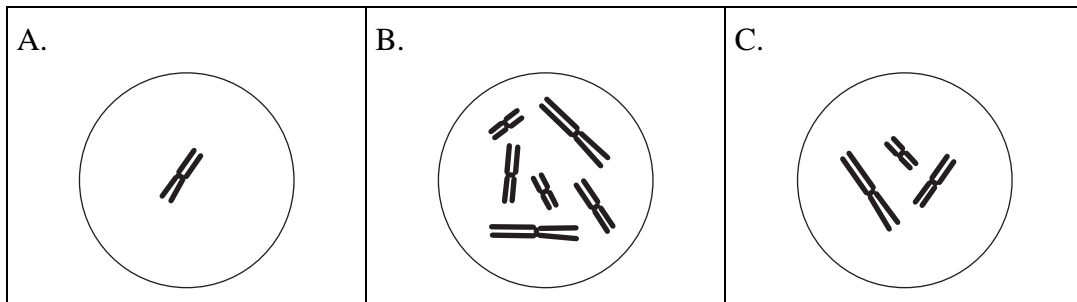


bild A

bild B

bild C

vet ej

Motivering:

10. Blåögda svenskar

Hur kommer det sig att det finns så många blåögda svenskar när brun ögonfärg är dominant över blå?