



S05: Naturvidenskabelige modeller og statistisk analyse af empiri

Tovholdere:

Rikke Lund Aagaard og Carsten Jensen

LabSTEM Region Sjælland

SO5: Naturvidenskabelige modeller og statistisk analyse af empiri

Tekst med blå skrift er info til undervisere og andre professionelle. Det er præsenteret for eleverne på anden vis.

Forløbet er afviklet på Slotshaven Gymnasium i uge 1 til 5 2024. Eleverne går i 2g, og er altså halvt inde i deres gymnasietid. Tre studieretninger / klasser har deltaget: mat-fys, mat-biotek og pro-kom (den sidste er programmering B og kommunikation-IT A).

"Tovholdere": Rikke Lund Aagaard og Carsten Jensen.

Øvrige deltagere fra lærerside: Andreas Wiwel Budtz, Emil Carlé og Katrine Rønne Rostgaard.

Indhold

SO5: Naturvidenskabelige modeller og statistisk analyse af empiri	1
Indledning (for undervisere og andre professionelle).....	2
Overordnet tidsplan	3
Præsentation.....	3
Opgaven	4
Formål og mål.....	4
Bedømmelse	5
Progression	5
Undervisningsplaner og emner fra de indgående fag	6
Undervisningsplan for fysik	6
Undervisningsplan for Kemi.....	6
Undervisningsplan for Matematik	7
Opgaveformuleringer fra de indgående fag	8
Opgaveformulering fysik.....	8
Opgaveformulering kemi.....	9
Opgaveformulering matematik.....	11
Oversigt over følgedokumenter	13

Indledning (for undervisere og andre professionelle)

Som anført ovenfor henvender forløbet sig til 2g elever, halvt inde i 2g.

Ud over dette afsnit og øvrige afsnit med blå skrift, er dokumentet her et elevoplæg.

Afsnit med blå skrift er en præsentation af forløbet og konteksten for udenforstående.

På htx er der krav om, at i studieretninger hvor matematik A indgår, skal der indgå et fælles forløb, hvor modeller har en central plads.

Vores tidligere version af et sådant, har været et samarbejde mellem matematik, fysik og kemi, hvor emnerne har været opstilling og løsning af differentiallyigninger / matematiske modeller.

I den sammenhæng indgik opstilling af differentiallyigninger fra en sproglig beskrivelse a la "hastigheden hvormed ... ændrer sig, antages proportional med ...".

Kemi-matematik-delen var reaktionskinetik og fysik-matematik-delen var Newtons afkølingslov. Ud over at matematik indgik i begge disse, mindede den matematiske behandling af de to modeller om hinanden.

Eleverne havde så i månederne op til modelforløbet arbejdet med differentialregning, integralregning, og diverse differentiallyigningstyper, som kan løses ved typegenkendelse.

Grundet forløbets placering, midt i 2g, var det noget voldsomt for mange af vore elever. De fik ikke den store forståelse af modeller, men brugte deres energi på at "løse opgaverne og regne". Kun de stærke elever havde også kræfter til at forholde sig reflekterende til model-delen.

Vi blev så involverede i LabSTEM, et forskningsprojekt som flere universiteter er involveret i, omhandlende modeller (i bredeste forstand) i naturfagene og matematik. De nærmere detaljer vedrørende dette vil fremgå af RUC's hjemmeside.

Hvor vi før (i vores tidligere model-projekt) alene havde fokus på matematiske modeller, er modelbegrebet nu bredt ud til en lang række andre modeltyper, men hvor der stadig er en klar gymnasial profil.

Vores erfaringer, her efter forløbet har været kørt én gang er, at langt de fleste eleverne har fået meget bedre forståelse for modelbegrebet, som de (sammen med projektets statistikdel) kan få glæde af i forbindelse med fremtidigt arbejde indenfor naturvidenskab og i deres SOP.

Og eleverne har taget godt imod det og har arbejdet godt i forløbet.

Der vil nok være ændringer næste gang vi "kører" forløbet, men de går på det "fagfaglige" (i modsætning til SO-faglige), fx et andet forsøg i fysik, og fx at matematikafleveringen nok også skal ændres lidt. Men på det overordnede niveau (SO-faglige) er vi glade for forløbet, og tænker derfor ikke at ændre noget i den sammenhæng.

Hos os ligger oplæggets forskellige dele på en elektronisk platform, "Studieportalen", under forskellige "faner" organiseret på samme måde, som alle vore øvrige SO-projektbeskrivelser, med delopgaver og diverse ekstramaterialer.

I nærværende dokument er mange af delene samlet i her for at undgå "for mage" enkeltdokumenter (vi ved ikke hvordan det kommer til at ligge på RUC's hjemmeside)

Til dette dokument hører fire elevafleveringer samt en PP med filnavn "Introduktion til SO5" om forskellige typer af modeller, som blev brugt i opstarten. Den bygger helt primært på <https://astra.dk/didaktiske-ressourcer/modeller-i-naturfagene/>

Se oversigt over følgedokumenter side 13

I resten af dette dokument er afsnit med blå skrift henvendt til undervisere, ikke elever.

Afsnit med sort skrift er fra oplæg og er skrevet til elever.

Er man interesseret i hvordan materialet har været tilgængeligt for elever, kan det ses her:

Overordnet tidsplan

Dato	Aktiviteter	Fag (min. antal timer)
Uge 1-3 <i>Normalt skema i de enkelte fag</i>	I den første opstartstime gennemgås en PP om forskellige modeltyper og formål med forløb. Introduktion af de forskellige dele af projektet i de tre fag. Projektbeskrivelsen offentliggøres i den sammenhæng. Der arbejdes hen mod at der kan laves forsøg i uge 4.	Mindst 8 timer i matematik, og Mindst 3 timer i fysik, og Mindst 3 timer i kemi
Uge 4	Forsøg	3 timer i træk fysik (begge klasser, men ikke samtidig, grundet begrænset laboratorieudstyr) 3 timer i træk kemi (begge klasser, men ikke samtidig, grundet begrænset laboratorieudstyr) Men: Den ene klasse kan godt have sine 3 timer fysik samtidig med at den anden klasse har sine 3 timer i kemi.
Uge 5 <i>3 blokdage</i>	Statistisk analyse af empiri Rapportskrivning Fremlæggelse fredag.	7 timer matematik 4 timer fysik 4 timer kemi Disse ligger mandag, tirsdag og fredag. (Der er ikke behov for laboratorier på disse dage).
Uge 8	Refleksion	1 time i til refleksion

[Der er tidsplaner for de enkelte fag side 6-7](#)

Præsentation

SO5 er et fagligt samspil mellem de naturvidenskabelige fag (kemi B og fysik A/B) og matematik A/B. januar-februar 2024.

Grupper:

2-3 elever i hver gruppe, helst 3. Det er samme grupper i hele forløbet.

Klasserne vil få nærmere besked. Lærerteamet sammensætter grupper. Eventuelt kan lærerne bede jer selv om at danne grupper.

Det, du gerne skulle få ud af at arbejde med projektet, er helt overordnet at få nogle erfaringer og læring i at arbejde med mange forskellige typer af modeller, fra en visualisering af de indledende mere eller mindre løse tanker og hypoteser til testbare matematiske og naturvidenskabelige hypoteser / modeller.

Ud over dette er der fokus på behandling af måleresultater og fejlkilder på baggrund af de faglige traditioner i fysik og kemi, bl.a. under anvendelse af forskellige statistiske værktøjer (fra matematik).

Der arbejdes med følgende emner i de tre fag i overskrifter. ([Større detaljeringsgrad fremgår af tidsplaner side 6-7](#))

Matematik:

- Matematiske modeller
- Grundlæggende statistiske begreber samt normalfordeling, hypotesetest, herunder t-fordeling, nulhypotese og signifikansniveau.

Kemi:

- Lys og farver
- Bestemmelse af indholdet af farvestoffet brilliant blue i saftvand vha. spektrofotometri.

Fysik:

- Bevægelse på skråplan, energi og kræfter.
- Måling af distance i forskellige situationer.

Opgaven

Fredag i uge 5 er der **fremlæggelser**.

Grupperne vælger selv, hvad de fremlægger og dermed også indholdet i den PowerPoint (eller et andet format), der afleveres i den sammenhæng. Det forventes, at modeller har en central plads i fremlæggelsen. Og ikke kun de sidste "færdige" modeller, men også alle skridt på vejen. Så altså:

- Hvilke typer modeller har I anvendt?
- Hvordan har I anvendt modellerne?
- Hvor har I anvendt modellerne og til hvad?
- Vis eksempler på jeres modeller.
- Vurdering af jeres modeller (fordele, ulemper, anvendelsesområder / begrænsninger)
- idealiseringer og forsimplinger (fx ting man ser bort fra)

Ud over dette kan der fx også være uddrag af databehandling / beregninger og konklusioner.

I har 10 minutter til fremlæggelsen, og så er der 10 minutter til at besvare spørgsmål fra bl.a. lærerne.

Der er i alt 4 afleveringer, hver med fordybelsestiden 3 timer, som alle afleveres i slutningen af uge 5, og som I arbejder med løbende i uge 1-5, særligt mandag og tirsdag i uge 5.

Den ene aflevering er jeres præsentation, fx PP nævnt ovenfor. Den afleveres torsdag.

Så er der en aflevering i matematik, en i fysik og en i kemi. I disse afleveringer er der fokus på modeller, men med hver sin faglige vinkel.

Formål og mål

Nogle af disse er fag-faglige, andre er SO-faglige, men de fleste er begge

Formål med SO5 er primært, at du

- får en fornemmelse for forskellige typer af modeller og deres anvendelsesområde samt deres styrker og svagheder, deres begrænsninger, bliver mere bevidst om idealiseringer og forsimplinger,
- at du bliver mere bevidst om forhold mellem model og virkelighed,
- at der sker en faglig fordybelse inden for de tre fag (inden for begreber som model / hypotese / teori samt empirisk afprøvning, og oplever sammenhængen mellem disse),

- kollaborativ skriftlig faglig formidling på tværs af fag (i aktuel fagkombination/genre),
- at du får nogle erfaringer og læring, der kan anvendes i SOP-sammenhæng,
- at producere eksperimentel empiri og anvende det korrekt.
- videnskabelig dokumentation og kommunikation indenfor naturvidenskab / matematik. (Præsentationsformer, formidling, kendskab til genrer).
- kombinere viden og metoder fra de indgående fag med henblik på problemløsning.
- refleksion over bl.a. ovenstående ting.

Bedømmelse

I får feedback på jeres præsentation og på de tre SO5-afleveringer i matematik, fysik og kemi.

Progression

Hos os (noget indforstået), men vi har ladet det stå som eksempel, så læseren kan få en fornemmelse for dette element

Der er en linje fra SO1 i forbindelse med kollaborativ skrivning, men her i helt andre fag, hvor man må have en anden tilgang til dette,

og der er en linje fra SO3 i forbindelse med at producere egen empiri (og anvende den fornuftigt) og arbejde innovativt (kreative modeller),

og fra SO4 mht. skriftlig faglig formidling på tværs af fag (her bare i grupper og i helt andre fag og en helt anden genre), og peger frem mod SO6 og SOP mht. modeller og analyse af empiri en flerfaglig opgave

Undervisningsplaner og emner fra de indgående fag

...i alfabetisk orden ...

Undervisningsplan for fysik

På forhånd kender eleverne til mekanisk energi, kræfter beskrevet ved vektorer, samt bevægelse på skråplan, og de elementer, der indgår i beskrivelsen af dette.

Uge	
1-3	I alt tre timer til at få lavet de første figurer / modeller og overveje, hvordan problemet skal gribes an, samt hvordan forsøget skal laves, hvad der skal måles på og hvordan.
4	Forsøg

Undervisningsplan for Kemi

Uge		
1	Organiske stofklasser (mest repetition)	Carbonhydrider, alkoholer, aldehyder, ketoner, carboxylsyrer, estere, aminer <ul style="list-style-type: none">• Strukturer, funktionelle grupper, navngivning
2	Kemisk bindingsteori (A-niveau) Kan udelades	<ul style="list-style-type: none">• Atom- og molekyleorbitaler• Delokalisere elektronsystemer
	Farvede organiske forbindelser	<ul style="list-style-type: none">• Konjugerede dobbeltbindinger• Chromofore grupper• Auxochrome grupper
3	Spektrofotometri	<ul style="list-style-type: none">• Absorptionsspektrum• Spektrofotometrisk analyse• Lambert-Beers lov• Standardkurve
4	Forsøg	Brilliant Blue FCF i blå saftevand <ul style="list-style-type: none">• Analyse• Databehandling• Rapportskrivning

Der har været arbejdet med forskellige typer regression i matematik inden dette forløb, så hvor det indgår, er det kendt stof.

Undervisningsplan for Matematik

Bygger på læreplan fra 2017, hvor der er meget lidt statistik (nogenlunde det der står ud for uge 1 og 2 nedenfor). Der er ny læreplan på vej, hvor statistik måske får en større eller anderledes rolle i undervisningen? Hvis det kniber med tiden, kan man starte op i de almindelige matematiktimer inden forløbet starter.

Uge		
1	Ugrupperede observationer	Tabeller <ul style="list-style-type: none">• Observationer, hyppighed og frekvens Diagrammer
	Grupperede observationer	<ul style="list-style-type: none">• Stolpediagram og trappediagram• Histogram og sumkurve
2	Statistiske deskriptorer	Positionsmål <ul style="list-style-type: none">• Mindsteværdi og størsteværdi• Fraktiler (kvartilsæt, median)• Typetal eller typeinterval• Middelværdi (gennemsnit)• Boxplot
		Spredningsmål <ul style="list-style-type: none">• Variationsbredde• Kvartilafstand• Varians• Spredning/standardafvigelse
3	Population og stikprøve	Konfidensinterval
		Chi-i-anden test
	Hypotesetest	Normalfordeling
		T-test

Opgaveformuleringer fra de indgående fag

... i alfabetisk rækkefølge ...

Opgaveformulering fysik

Selve forsøget:

Lad en genstand køre eller glide ned af en rampe, og lad den fortsætte hen ad et vandret underlag til den stopper. Mål hvor langt den har bevæget sig ad det vandrette underlag inden den stopper. Gentag forsøget (inklusive samme startsted osv.) mindst 30 gange.

Husk at måle alle relevante størrelser.

Vedrørende arbejdet med modeller og fysikrapport:

Fysikrapporten indeholder alle elementer, som I kender fra de tidligere rapporter. I nærværende rapport er der særligt fokus på

- Figurer / tegning (model) af situation med påsatte relevante størrelser, fx kræfter, hastigheder, osv., hvad I nu mener, der er relevant, gerne flere figurer / modeller.
- Grafer (model), hvis relevant (fx graf for $s(t)$)
- Opstilling af formel / matematisk model til beregning af afstanden, som blev målt i forsøget og som hænger sammen med figurerne omtalt ovenfor.
- Statistisk analyse af empiri / sammenligning af beregnede og målte værdier, osv.

Vedrørende fremlæggelse

Se afsnittet "Opgaven" side 2.

Opgaveformulering kemi

Brilliant Blue FCF i blåt saftevand

Formål

Det er øvelsens formål at bestemme koncentrationen af Brilliant Blue FCF (E 133) i to forskellige slags blåt saftevand ved hjælp af et spektrofotometer.

Kemikalier

- To forskellige slags blåt saftevand
- Brilliant Blue (opløsning af det rene stof) med koncentrationen 10,0 mg/L

Udstyr

- Spektrofotometer
- Vægt, pipetter, målekolber, buretter

Opgave

1. Planlæg et forsøg som opfylder formålet
 - Hvilke koncentrationer vil I måle på?
 - Hvordan vil I lave disse opløsninger?
2. Skriv en udførlig forsøgsvejledning (gerne i punktform e.l.). Skal godkendes inden I laver forsøget.
3. Udfør forsøget (mandag d. 22/1).
4. Lav den nødvendige databehandling, dvs. bestem koncentrationen af Brilliant Blue i de to slags saftevandet.
5. Vurder om den målte mængde af farvestoffet overskrider "acceptabel daglig indtagelse" (ADI).

Rapport

Skal indeholde de sædvanlige afsnit i en rapport, men vær særlig opmærksom på:

Teori:

- Generelt om farvede organiske forbindelser
- Kort beskrivelse af Brilliant Blue FCF (strukturformel, absorptionsspektrum, ADI osv.)
- Kort gennemgang af Lambert-Beers lov (formel, enheder osv.).

Databehandling:

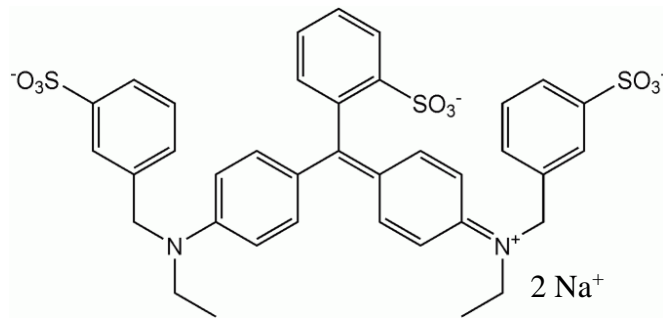
- Vis alle beregninger – hvordan kommer I frem til at bestemme koncentrationen?
- Sammenlign med ADI. Hvor meget saftevand kan man drikke om dagen uden at overskride grænseværdien?

Generelt:

- Det er helt i orden at slå værdier op (ADI, molarmasse osv.) – men HUSK at angive kilderne!

Bilag til kemi-delen.

Blå saftvand som indeholder det blå farvestof – Brilliant Blue FCF – med strukturformelen:



Brilliant Blue FCF har en maksimal lysabsorption ved $\lambda_{\max} = 629 \text{ nm}$.

Absorptionsspektrum af Brilliant Blue FCF:



Datablad

Brilliant Blue FCF

Faresætninger: Skadelig for vandlevende organismer, med langvarige virkninger.

Sikkerhedssætninger: Undgå udledning til miljøet.

Indholdsstoffer: Dihydrogen (ethyl)[4-[4-[ethyl(3-sulfonatobenzyl)]amino]-2'-sulfonatobenzhydrylidene]cyclohexa-2,5-dien-1-ylidene](3-sulfonatobenzyl)ammonium, dinatriumsalt (100%)

Leverandør: Merck Life Science ApS

CAS: 3844-45-9 **IUPAC:** disodium;2-[[4-[ethyl-[(3-sulfonatophenyl)methyl]amino]phenyl]-[4-[ethyl-[(3-sulfonatophenyl)methyl]azaniumylidene]cyclohexa-2,5-dien-1-ylidene]methyl]benzenesulfonate **M:** 792,9 g/mol

Sumformel: C₃₇H₃₄N₂Na₂O₉S₃



Opgaveformulering matematik

(Næste gang vil denne nok være mere neutral eller sigte mod både kemi og fysik. Husk igen, at dette tager udgangspunkt i 2017-læreplan, hvor statistik ikke er meget andet, end hvad eleverne har lært i folkeskolen).

Opgave 1: Standardkurve

- Forklar betydning af x og y, og giv dem nye symboler, der passer til deres betydning.
- Lav vha. regression en standardkurve for hver af de to målinger.
- Opskriv den fundne model (funktionsforskrift) og forklar betydning af hældningskoefficient og begyndelsesværdi.
- Lav en vurdering af modellerne.

Gammelt apparat	
Koncentration i μM	Absorbans
0	0
4	0,036
8	0,119
12	0,153
16	0,267
20	0,367

Nyt apparat	
Koncentration i μM	Absorbans
0	0
4	0,08
8	0,159
12	0,249
16	0,391
20	0,44

Opgave 2: Koncentration af ukendt prøve

- Omskriv de to modeller, så man kan udregne koncentration.
- Brug nedenstående målinger til at beregne tilhørende koncentrationer.
- Udregn den gennemsnitlige koncentration for hvert apparat.

Absorbanser

Gammelt apparat	Nyt apparat
0,211	0,241
0,183	0,222
0,178	0,321
0,16	0,226
0,158	0,307
0,174	0,24
0,185	0,221
0,209	0,219
0,215	0,215
0,177	0,221
0,168	0,24
0,188	0,287

Opgave 3: Histogrammer

- Fordel koncentrationerne fra opgave 2 i tabeller som vist nedenfor.
- Beregn intervalfrekvenser
- Opstil histogrammer med koncentrationer på x-aksen og frekvens på y-aksen. Husk aksetiketter!

Gammelt apparat

Koncentration i μM	Intervalhyppighed	Intervalfrekvens
[10; 11[
[11; 12[
[12; 13[
[13; 14[
I alt		

Nyt apparat

Koncentration i μM	Intervalhyppighed	Intervalfrekvens
[9; 10[
[10; 11[
[11; 12[
[12; 13[
[13; 14[
[14; 15[
I alt		

Opgave 4: Tæthedsfunktionen

- Beregn middelværdi
- Beregn spredning
- Tegn tæthedsfunktionen, $f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$
- Er de to datasæt tilnærmelsesvis med rimelig tilnærmelse normalfordelte?

Opgave 5: Sammenlign apparater

- Udfør en t-test på absorbans-værdierne fra opgave 2.
 - H_0 : De to apparater måler ens
- Hvad kan I konkludere på baggrund af testen?

Oversigt over følgedokumenter

Til dette dokument er der et antal følgedokumenter.

Filnavn	Kort beskrivelse
Introduktion til SO5	PP'en som blev brugt i den første time til at vise eksempler på modeltyper og til præntion af forløbet.
Elevbesvarelse Fremlæggelse SO5	En elev-PP som blev anvendt i forbindelse med gruppens fremlæggelse fredag i uge 5.
Elevbesvarelse Fysikrapport SO5	Fremgår af filnavn
Elevbesvarelse Kemirapport SO5	Fremgår af filnavn
Elevbesvarelse Matematik SO5	Fremgår af filnavn