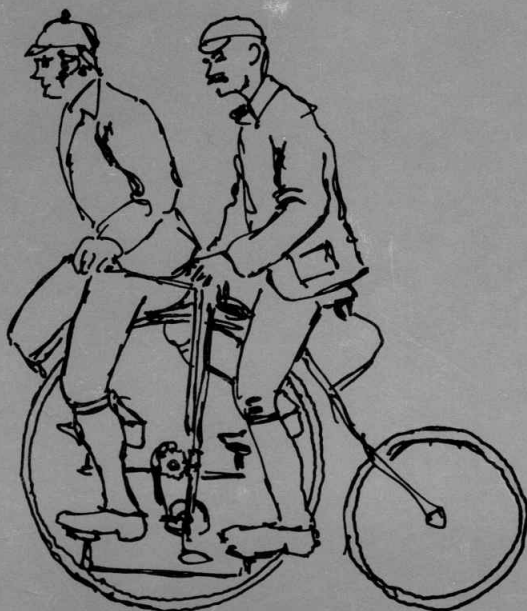


Niels Andersen



CYKELFYSIK



FYSIK og
TEKNOLOGI

F & K FORLAGET

CYKELFYSIK

© Forfatteren og F&K Forlaget.

Fotografisk, mekanisk eller anden gengivelse
af denne bog eller dele heraf er ikke tilladt
ifølge gældende dansk lov om ophavsret.

Trykt hos Budolfi Tryk, Aalborg 1983.
ISBN 87-87229-26-9

Bøgerne kan rekvireres ved skriftlig henvendelse til
F&K Forlaget
LMFK-Sekretariatet
Slotsgade 23
2200 København N

CYKELFYSIK

Niels Andersen

Indholdsfortegnelse

	side
FORORD	4
I. CYKELTRAFIK	5
I.1. Bremselængder	7
I.2. Dilemmazoner	7
a. Reaktionstider	9
b. Gnidningskoefficienter	11
c. Lysregulerede kryds	14
Opgaver	17
II. CYKLEN	24
II.1. Kraftoverførsel	28
a. Gear	28
b. Vejlængder	29
c. Cykelkraftens afh. af pedalkraften	30
d. Cykelkraftens afh. af gearet	31
e. Cykelkraftens afh. af drejningsvinklen	32
II.2. Gnidningsmodstand	34
a. Gnidning i lejerne	34
b. Rullemodstand	36
c. Rullemodstandens afh. af dæktrykket	39
Opgaver	40
III. ENERGIFORBRUG VED CYKLING	47
III.1. Vindmodstand	47
III.2. Cykling som motion	50
a. Energistofskifte	50
b. Kondital	52
III.3. Dynamolygten	54
a. Elektrisk energi	54
b. Lysenergi	56
Opgaver	58
LITTERATUR	65

Forord.

Dette hæfte er tænkt som inspirationskilde og ideskaber i den løbende debat om form og indhold i fysikundervisningen. Der har vist sig to veje for udviklingen, en koncentration af stoffet for at give plads til elevindflydelse omkring valgfrie emner eller brug af egne noter for at frigøre fysikken fra den stive disciplinorientering. Det er mit håb at dette hæfte i sin helhed eller ved brug af enkelte afsnit kan tilfredsstille nogle af de krav der stilles til en emneorienteret undervisning.

Målgruppen er først og fremmest 1.g-elever. Emnet er behandlet eksperimentelt med overvejende brug af simpelt apparatur. Der er lagt op til gruppearbejde omkring alle øvelser og opgaver. Vejledningerne er så relativt kortfattede at det ofte vil kræve hele gruppens aktive deltagelse at designe forsøget. Her må læreren supplere med de nødvendige brugsanvisninger for apparatur. Teksten er heller ikke ment som erstatning for en lærebog, idet væsentlige teoretiske udledninger er udeladt. Ved indførelse af forskellige specielle begreber er i vid udstrækning anvendt "høkerargumenter", som tager udgangspunkt i elevernes intuitive opfattelse, for at undgå en knusende tung argumentation.

Alle afsnit er opbygget efter skemaet: problemstilling - eksperimenter - opgaver. Det vil være nødvendigt for grupperne at løse flere af opgaverne for at opnå den fulde forståelse.

Under forberedelsen har jeg modtaget støtte og inspiration fra flere personer. Specielt vil jeg takke Torben Lenskjær for mange udbytterige diskussioner og hjælp til udarbejdelse af øvelser og opgaver.

Jeg håber, at brugere vil henvende sig til mig angående fejl, mangler, forbedringer eller "tricks og fiduser".

God fornøjelse.

Herlev, august 1983

Niels Andersen.

I. CYKELTRAFIK

I de seneste år er trafikmønstret begyndt at ændre sig fra den tidligere så altdominerende biltrafik og hen mod en mere energi-rigtig trafikform. I den forbindelse er cykeltrafikken vokset, hvilket bl. a. kan aflæses af et stigende salg af cykler. Samtidig er behovet for at tilpasse vejnettet til både den langsomme og den hurtige trafik blevet mere påtrængende.

Trafik er bevægelse og i dette kapitel skal du lære noget om nogle af de mest almindelige begreber i trafik og bevægelseslære ved at undersøge et par af de problemer, du som cyklist møder i trafikken. Det er en forudsætning, at du er bekendt med bevægelsesligningerne for jævn og accelereret bevægelse og med Newtons love. Du får brug for matematik om rette linjer og parabler.

Dilemmazoner.

Når du bevæger dig af sted i trafikken, kommer du tit ud for "problemerne" med det gule lys. Hvad gør du, hvis lyset skifter fra grønt til gult: Kører du videre eller bremser du? - du har måske endda engang fået en bøde for at køre over for rødt !?

I Justitsministeriets bekendtgørelse nr. 138 af 22. april 1977 (§55, stk. 5) om vejafmærkning står der:

"Gult lys betyder stop. Det angiver, at signalet snart vil skifte til rødt, men har iøvrigt samme betydning som rødt. Kørende skal dog ikke standse, hvis de, når signalet skifter fra grønt til gult, er nået så langt frem, at standsning vil medføre fare."

I staten South Carolina, USA, lyder loven tilsvarende:

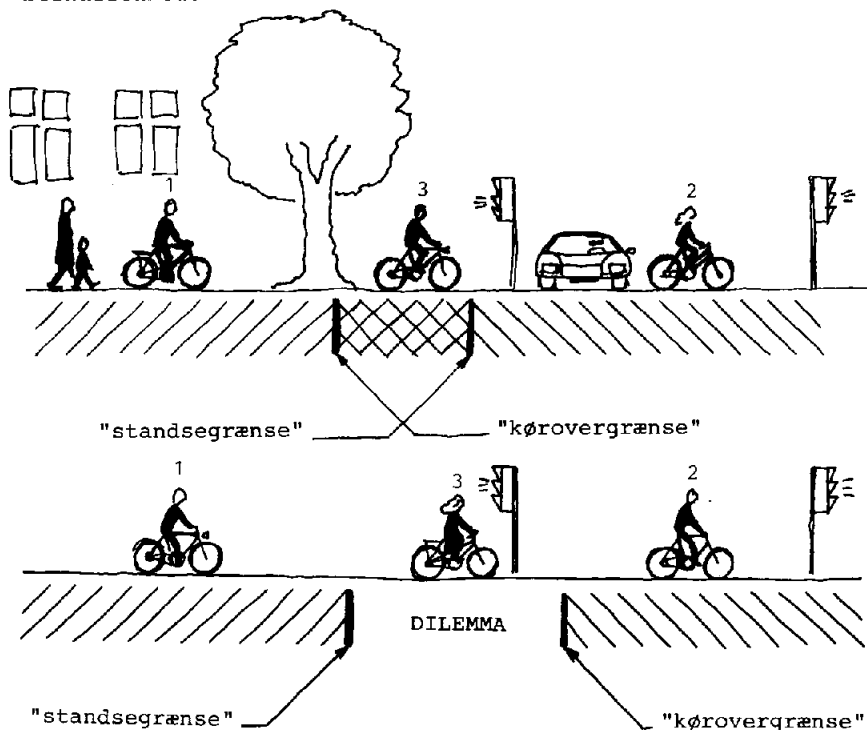
"Yellow alone or 'caution' when shown following the green or 'go' signal or in combination with the green signal means that vehicular traffic facing the signal is thereby warned

that the red or 'stop' signal will be exhibited immediately thereafter and such vehicular traffic shall not enter or be crossing the intersection when the red or 'stop' signal is exhibited."

Bemærk forskellen mellem de to love og prøv at diskutere med klassen, hvad der er afgørende for om man (du) vælger at køre videre eller at bremse op ved gult lys og om lovene er "rimelige".

Noget af svaret vil du finde i den følgende øvelse.

Du har måske allerede opdaget at det ikke er et let valg. Faktisk findes der vejkryds, hvor det gule lys er så kort i varighed, at der findes det jeg vil kalde en dilemmazone, dvs. et område, hvor du som cyklist er for tæt på krydset til at standse op og for langt fra til at nå over inden rødt lys. Om et givet vejkryds har en dilemmazone eller ej afhænger bl. a. af den hastighed, du nærmer dig med, og af vejret og vejens beskaffenhed.

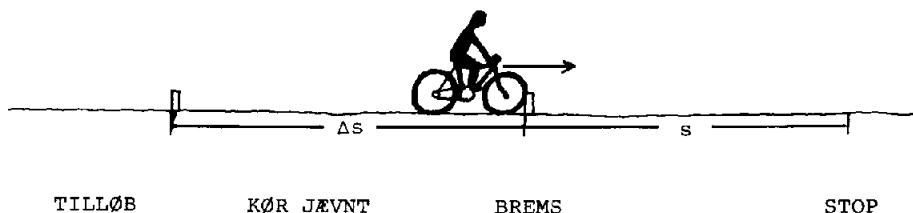


Problemet er skitseret på tegningen på foregående side. Hvis du er bag "standsegrænsen", kan du nå at standse inden krydset (cyklist nr. 1), og hvis du er foran "kørovergrænsen" kan du nå at komme helt over før lyset skifter til rødt (cyklist nr. 2). Hvis du befinder dig mellem disse "grænser" kan det enten være i et område, hvor du kan vælge frit mellem at standse og køre (cyklist nr. 3, øverst) eller i en dilemma-zone (cyklist nr. 3, nederst).

I.1. Bremselængder

Øvelse Det vigtigste ved færdsel i trafikken er at kunne bremse. I denne øvelse skal I undersøge bremselængdens afhængighed af hastigheden for en cykel.

Udover en cykel og et stykke plant vej skal I bruge to markeringer, et stopur og et målebånd. Opmål og afmærk en vejstrækning Δs med en længde på f. eks. 25 m. Se figuren.



Del opgaverne imellem jer. Den ene af jer starter bag den første markering, kører jævnt mellem markeringerne og bremser idet forhjulet passerer den anden markering. Imens måler en anden af jer tiden Δt , som forhjulet er om at køre stykket mellem markeringerne, så I kan beregne hastigheden v_0 . Med målebåndet måler I bremselængden s . Indfør resultaterne i et skema som vist øverst på næste side. Tilføj selv enhederne.

Gentag forsøget med forskellige hastigheder.

$\Delta s =$ _____

Δt	v_0	v_0^2	s

I.1.

Prøv eventuelt at gentage en enkelt måling flere gange for at få et indtryk af nøjagtigheden.

Rapport Du skal undersøge om opbremsningen sker med konstant acceleration ved hjælp af sammenhængen

$$v_0^2 = 2 a s$$

Tegn en graf over v_0^2 som funktion af s. Find hældningskoefficienten og beregn accelerationen a. Du skal også bestemme forholdet $u = a/g$ mellem den fundne acceleration og tyngdeaccelerationen g.

Forklar ud fra forsøget, hvorfor en fordobling af hastigheden giver en firdobling af bremselængden.

Hvis $u = 0,1$ hvor mange gange længere bliver bremselængden så ? Hvad, tror du, er bestemmende for størrelsen af u ?

Teori I den næste øvelse skal du undersøge de parametre, der er bestemmende for om der er en dilemmazone eller ej, og derefter besvare spørgsmålet for det vejkryds, du og din gruppe vælger.

I sidste øvelse lærte du noget om bremselængder, så lad os først se på det tilfælde, hvor du vælger at bremse. Den samlede standselængde består af både reaktions- og bremselængde, og du skal i de næste to øvelser undersøge disse.

Forestil dig altså at du kommer cyklende med hastigheden v_0 for grønt lys og at det skifter til gult. Den tid, der går fra lyset skifter til du begynder at bremse, kaldes reaktionstiden.

I.2.a Reaktionstider.

Øvelse Reaktionstider kan I måle i øvelseslokalet ved brug af et elektronisk ur og to fotoceller. Spænd den ene fotocelle fast på et stativ så det ligner et cykelstyr med håndbremse. Nulstil tælleren (uret). Forsøgspersonen holder sin hånd på stativet bag fotocellen, og en anden af jer skjuler den anden fotocelle og tænder pludseligt for uret. Gult lys! Brems ved at gribe bremsen (cellen) og aflæs direkte reaktionstiden, r , på uret og indfør den i et skema som vist.

Gentag, skift person og find middelværdi.

navn					navn				
r									

I.2.a.

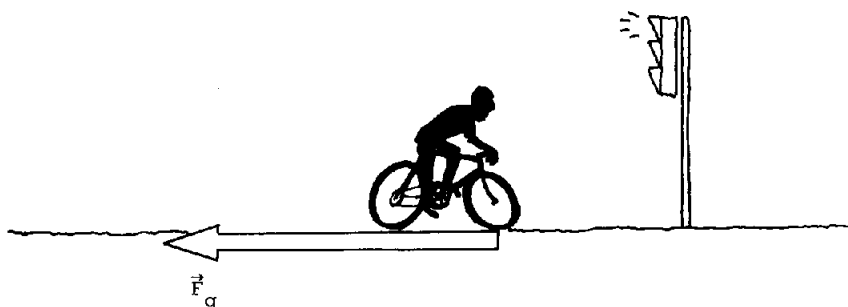
Teori I løbet af reaktionstiden r har cyklisten, med hastigheden v_0 , kørt vejlængden

$$s_1 = r v_0$$

Gnidningskoefficient

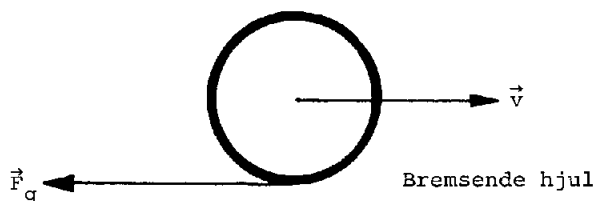
Teori Den samlede standselængde består af både reaktionslængde og bremselængde. I denne øvelse skal du finde bremselængden på en ny måde.

Forestil dig at du som cyklist bevæger dig hen mod et signal, hvor lyset skifter til gult og du vælger at bremse. Dertil skal bruges en kraft, der virker mod bevægelsen. Se figuren.

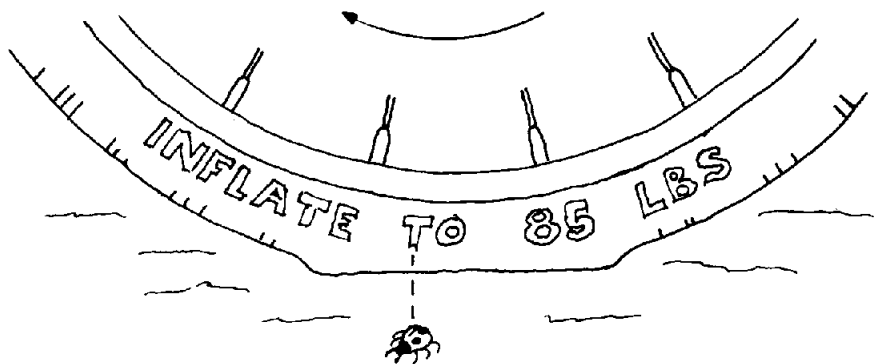


Hvis du istedet står som tilskuer kan du ikke se nøjagtigt, hvordan bremsesystemet virker, men det er egentlig heller ikke nødvendigt, for du ved også, at det er en kraft udefra, der skal til at standse cyklen.

Det eneste, cyklen er i kontakt med er asfalten, så det må være den, der påvirker cyklens dæk med den nødvendige kraft. Denne gnidningskraft kalder jeg F_g . Den har angrebepunkt i kontaktpunktet mellem dæk og asfalt.



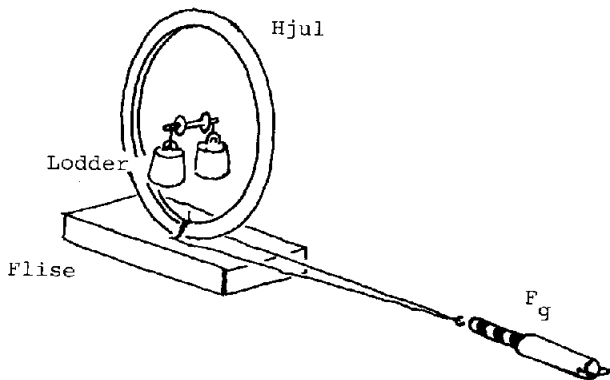
Læg nu mærke til at dækket i ethvert øjeblik, og uanset hvad farten er, står stille i forhold til den underliggende vejbane, som vist herunder.



På tegningen vil T'et være lige over mariehønen så længe den del af dækket rører asfalten. Jeg vil derfor gøre den antagelse at gnidningskraften kan måles på et hjul, der står stille. Dette skal du benytte i øvelsen.

I.2.b Gnidningskoefficient

Øvelse Nu skal I måle gnidningskoefficienten u . I skal bruge et cykelhjul, en flise, nogle tunge lodder, en kraftmåler og et stykke solid ståltråd og noget snor. Opstillingen er som vist på figur



Anbring ståltråden på fælgen, så I kan trække helt nede ved flisen. Fastgør kraftmåleren og hæng lodder på hjulet. Træk i kraftmåleren og find den størst mulige gnidningskraft F_g lige idet dækket begynder at skride. Indfør resultaterne i et skema som her. Skift lodder og gentag. Husk at veje hjulet med. Den samlede masse kaldes m .

m	F_g	F_t	u

I.2.b

I kan gentage forsøget med "smattet" føre ved at smøre brun sæbe på flisen. Tegn graf og find u .
 Hvis I har god tid kan I tage hjulet med udenfor og prøve at måle F_g for et dæk, der skrider på (trækkes hen ad) asfalten. Forklar hvorfor, man ikke må blokere hjulene, når man bremser.

port

Du skal undersøge om der er en sammenhæng mellem gnidningskraft F_g og tyngdekraft $F_t = mg$. Tegn en graf over F_g som funktion af F_t . Resultatet skulle gerne blive en ret linje med ligningen

$$F_g = u F_t$$

Aflæs hældningen u .

Da F_g er den totale kraft der påvirker cyklen under opbremsningen gælder at

$$\left. \begin{aligned} F_g &= m a \\ F_g &= u F_t = u m g \end{aligned} \right\} a = u g$$

Det vil sige at $a = u g$ er et udtryk for den maximalt mulige acceleration under opbremsningen. Hvordan passer dette resultat med det du fik i øvelse I.1 ?

ri

Fra bevægelseslæren ved du at bremselængden er

$$s_2 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2ug}$$

Den samlede standselængde er reaktionslængden plus bremselængden, dvs.

$$\text{"STANDSEGRÆNSE"} \quad s = s_1 + s_2 = r v_0 + \frac{1}{2ug} v_0^2$$

Når signalet skifter til gult lys, skal du altså være bag denne "standsegrænse" for at kunne nå at bremse op.

Lad os nu se på det tilfælde, hvor du vælger at køre videre. Så er kravet til dig, at du kan nå hen til og videre over krydset inden lyset skifter til rødt.

Kald tiden for det gule lys for Δt . I løbet af denne tid cykler du afstanden

$$s_3 = \Delta t v_0$$

hvor v_0 er hastigheden.

"KØROVERGRÆNSE" $s = s_3 - d = \Delta t \cdot v_0 - d$

"kørovergrænse"

"standsegrænse"

v_0

Δt

s_1

s_2

d

s_3

s

0

Afstand til kryds

"STANDSEGRÆNSE"	$s = \frac{1}{2u_g} v_o^2 + r v_o$
"KØROVERGRÆNSE"	$s = \Delta t v_o - d$
"DILEMMAZONE"	$\Delta t v_o - d < \frac{1}{2u_g} v_o^2 + r v_o$

Reaktionstid	r	, konstant men varierer med personen
Gnidningskoeff.	μ	, konstant men varierer med vejret
Tid for gult lys	Δt	, konstant, kan ændres af vejvæsenet
Vejbredde + cykel	d	, konstant, meget svær at ændre
Hastighed	v_0	, variabel, $0 \text{ km/t} \leq v_0 \leq 60 \text{ km/t}$.

I.2.c Lysregulerede kryds

Øvelse For at måle de sidste parametre må I begive jer ud i trafikken, men HUSK:

TRAFIKKEN ER INGEN LEGEPLADS

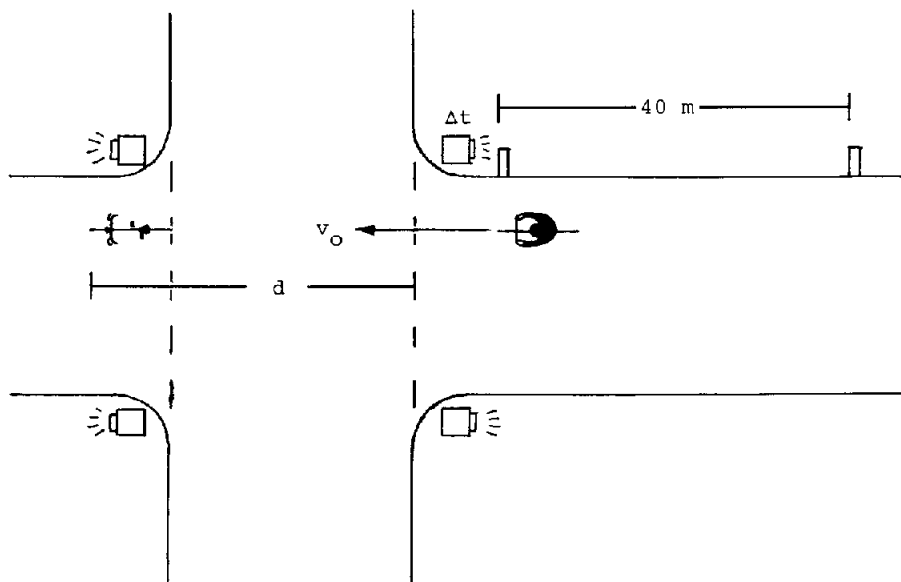
TÆNK JER OM

SE JER FOR !!!

I skal benytte en lang snor med et 10 m - mærke på, noget kridt, tape og et stopur. Vælg jer et vejkryds i nærheden. Med snoren skal I opmåle vejkrydset i begge retninger (vinkelret på hinanden). Anbring tape-mærker på snoren udfor de relevante mål og skriv ned.

Tegn jer en grov skitse af vejkrydset med angivelse af lys-signaler, fodgængerovergange osv. Når I kommer hjem, skal I om-sætte snorlængderne til meter og tegne en nøjagtigere plan over krydset med angivelse af mål. Mål tiden for det gule lys. Husk at lyset skal skifte fra grønt til rødt. Gentag, skriv i skema og find middelværdi. Gør det i begge retninger.

Brug også snoren til at afmærke et 40 m langt stykke vej inden krydset. Mål den tid forskellige cykler er om at passere når de kører frem mod grønt. Udfyld tabel, beregn v_0 og find middelværdi. Gør det samme for nogle biler.



Gadenavn			Tværvej navn			middel- værdi
						d =
Δt						$\Delta t =$
cykel tid						cykel
v_o						$v_o =$
bil tid						bil
v_o						$v_o =$

I.2.c.

Du skal bruge to skemaer, et for hver retning.

Rapport

I din rapport skal du beregne om der findes en dilemmazone i det pågældende kryds i hver retning i både et gunstigt og et uheldigt tilfælde, når man cykler med den fundne middelhastighed v_o . Et gunstigt tilfælde er med hurtig reaktionstid (din målte) og i godt vejr (stort u) og et uheldigt tilfælde betyder langsom reaktionstid (lovens maximum $r = 1$ sek.) og dårligt vejr (lille u). Ialt er det fire udregninger.

Det er imidlertid ikke al trafik, der foregår på cykel. Faktisk er hastigheden v_o en ret variabel størrelse. Det er derfor en god idé at tegne grafer for "standsegrænse" og "kørovergrænse" som funktion af v_o .

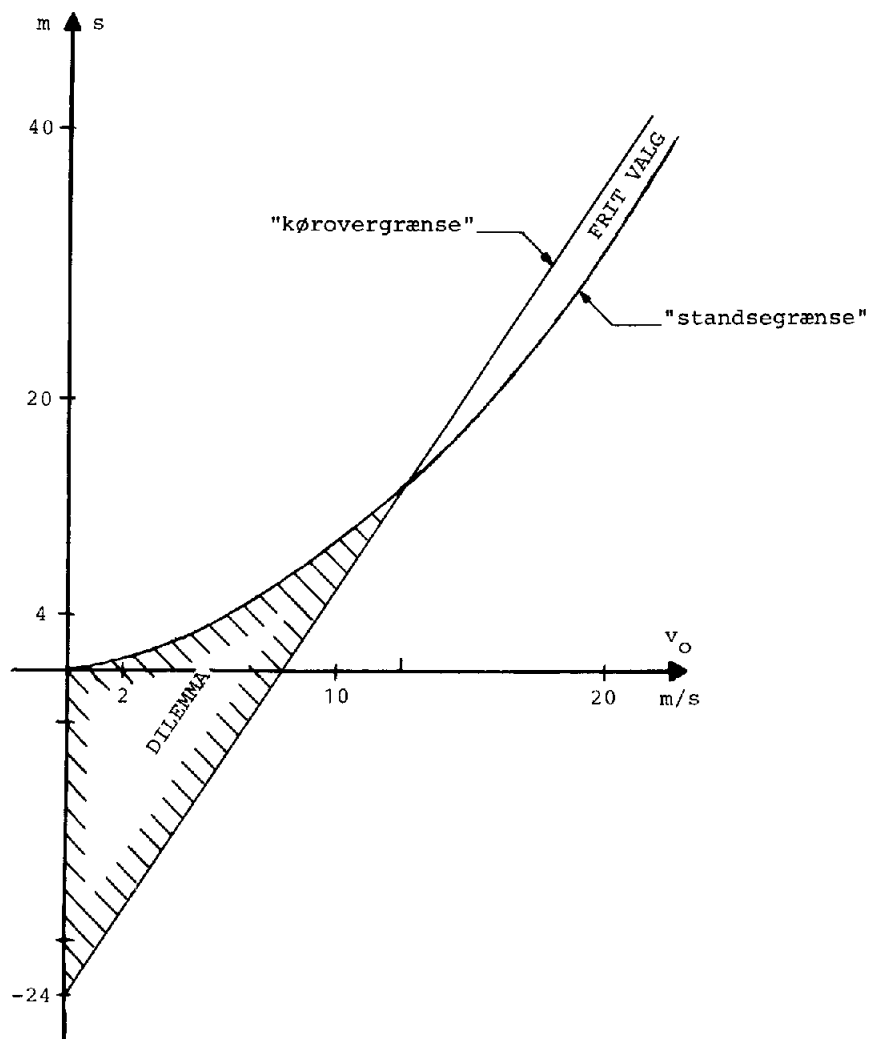
På figur 11 er graferne tegnet med parametrene $r = 0,3$ s, $u = 0,8$, $\Delta t = 3$ s og $d = 24$ m.

Jeg repeterer her "færdselsreglerne"

Hvis din afstand til krydset (s) er

- større end "standsegrænse": så BREMS
- mindre end "kørovergrænse": så KØR

som vist på graferne. Læg mærke til at der ikke gælder nogen regler i dilemmazonen (skraveret).



Din rapport skal indeholde fire grafer som ovenstående svarende til to retninger i henholdsvis gunstigt og uheldigt tilfælde. Aflæs på graferne de hastighedsintervaller, for hvilke der eksisterer en dilemmazone i krydset under de givne omstændigheder.

Din konklusion skal indeholde resultaterne skrevet på "almindeligt dansk" og må meget gerne indeholde forslag til forbedring af trafiksikkerheden.

1. *Hans-Henrik Ørsted slået med mindre end et sekund*

Af Mogens Jacobsen

LEICESTER (Politiken)

- I en fantastisk medrivende og jævnbyrdig match måtte Hans-Henrik Ørsted for andet år i træk se sig besejret af franskmænden Alain Bondue i finalen om de professionelle verdensmesterskab i 5 km individuelt forfølgelsesløb.

Blot 43 hundrededele af et sekund registreredes på den elektroniske lystavle i Bondues favør, da denne enormt fysisk krævede cykeldisciplin var forbi, men for Ørsted var den minimale forskel som det menneskelige øje ikke nåede at fornemme ensbetydende med et altafgørende sammenbrud.

CYKELLØB

VM I LEICESTER

Sprint

Guld: Koichi Nakano, Japan.
Sølv: Gordon Singleton, Canada.
Bronze: Suichi Kamckawa, Japan.

5.000 m forfølgelsesløb for professionelle.

Finale:

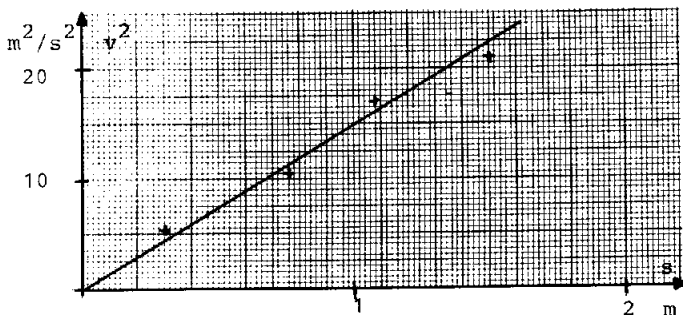
Alain Bondue, Frankrig, sejrede med tiden 6.03.76 min. mod Hans-Henrik Ørsteds 6.04.19 min.

Guld: Alain Bondue, Frankrig.

Sølv: Hans-Henrik Ørsted, Danmark.

Bronze: Maurizio Bidinosti, Italien.

- Beregn gennemsnitshastighederne for Hans Henrik Ørsted og for Alain Bondue.
 - Beregn ud fra disse gennemsnitshastigheder hvor langt bag efter H H Ø var da A B kørte i mål.
2. I 1962 kørte J.Meiffret 1000 m på cykel med motorpace og flyvende start med gennemsnitshastigheden 204,77 km/h (uofficiel verdensrekord).
Beregn tiden for de 1000 m.
3. Figuren viser resultatet af et bremseforsøg, idet begyndelseshastighedens kvadrat (v_0^2) er afbildet som funktion af bremselængden (s).



- Vis at accelerationen i opbremsningen er $a = 7,5 \text{ m/s}^2$
 - Beregn forholdet mellem a og g (tyngdeaccelerationen).
4. I et forsøg på at bestemme sammenhængen mellem hastighed og bremselængde fandt et forsøgshold følgende værdier:

$s / (\text{m})$	3,5	7,2	10,0	12,3	14,0
$v / (\text{m/s})$	3,1	4,9	5,95	6,66	7,15

- a. Vis ved at lave en passende graf at accelerationen under opbremsningen var konstant.
- b. Bestem accelerationen ud fra grafen.
- c. Grafen går ikke gennem (0,0) fordi forsøgspersonerne har lavet en fejl under målingerne. Forklar om det er v eller s, de har målt galt.
- d. Bestem bremselængden for hastigheden $2 \cdot 5,95 \text{ m/s} = 11,9 \text{ m/s}$.

5. I bladet "Cyklister" nr. 1, 1981 kan man læse:

**Roskilde Civilret:
Følgbremsen ulovlig
i vådt føre**

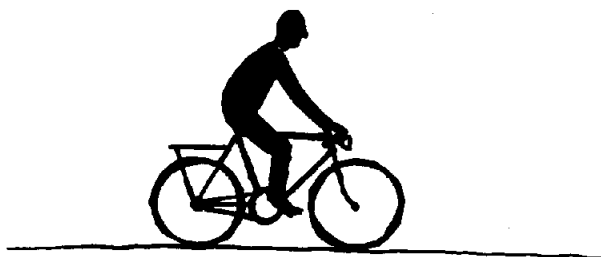
En sag, der startede med købet af to 10-gears cykler for snart 3 år siden, har indtil videre været gennem både forbrugerklagenævnet og Roskilde Civilret.

Køberen var stærkt utilfreds med cyklernes bremseevne i vådt føre. Forbrugerklagenævnet fandt, at der forelå en væsentlig mangel ved cyklerne. Det hedder samstemmende i civilret-

tens dom: »Efter resultatet af de af forbrugerklagenævnets teknisk sagkyndige foretagne prøver, som retten finder at kunne sidestille med et syn og skøn, sammenholdt med de øvrige fremkomne oplysninger finder retten det tilstrækkeligt godtgjort, at cyklerne ikke ved købet har været forsynet med et så effektivt bremsesystem, at udstyrsbekendtgørelsens sikkerhedskrav har været opfyldt. De må derfor anses for at have været behæftet med en så væsentlig mangel, at sagsøgeren i medfør af købeloven har været berettiget til at hæve handlen«.

Klagenævnets teknisk sagkyndige, en bilinspektør og to bilassistenter, havde bl.a. målt decelerationen (et mål for bremseevnen) i vådt føre til $1,6 \text{ m/s}^2$ med de originale bremseklodser, hvilket svarer til en bremselængde på 6,2 meter ved 16 km i timen . De havde endvidere udtalt: »Cyklerne må i nuværende udførelse anses for uegnede til kørsel i vådt føre i områder med blot nogen færdsel. Er brugerne henvist til at skulle benytte cyklerne i al slags vej, f.eks. til kørsel til og fra arbejdsplads, må cyklerne anses for uden brugsværdi«.

- a. Kontrollér at den opgivne bremselængde er korrekt.
 - b. Hvad er forholdet mellem den målte acceleration og tyngdeaccelerationen?
6. En cyklist kører med jævn hastighed 15 km/h .

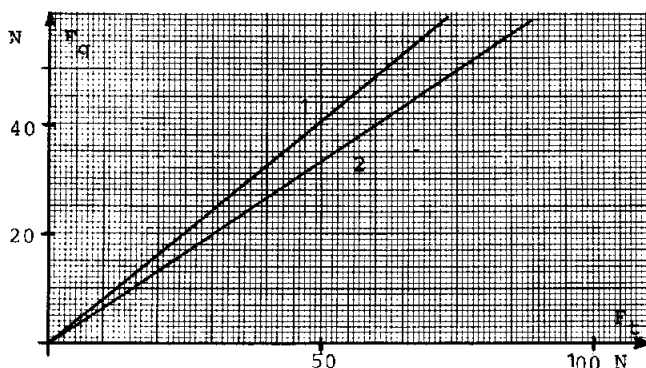


Tegn figuren af og indtegn alle de kræfter, der påvirker cyklisten.

7. Grafen viser resultatet af et gnidningsforsøg med et cykel-dæk, hvor gnidningskraften er afbildet som funktion af tyngdekraften.

Ved graf nr. 1 er gnidningskraften målt som den størst mulige lige inden dækket begyndte at skride (statisk gnidning).

Ved graf nr. 2 er gnidningskraften målt på et dæk, der blev trukket hen ad asfalten (dynamisk gnidning).



- Beregn både den statiske og den dynamiske gnidningskoefficient.
 - En cykel kører 25 km/h og bremser så.
Hvad bliver bremselængden (den mindst mulige), hvis hjulene stadig drejer rundt - og hvad bliver den, hvis hjulene blokeres.
8. I Husholdningsrådets "Tekniske meddelelser" nr. 2, 1982 står der:

BREMSEPRØVER

Cyklernes bremseevne prøves af 2 personer (60 kg) på en ren, tør og jævn asfaltbane. Forsøgene foretages på samme dag med en vindstyrke på ca. 3 m/s.

Hver person foretager 2 opbremsninger i modvind, og 2 i medvind, således at der i alt foretages 8 opbremsninger på hver cykel. Bremselængden måles, og gennemsnittet angives i skema 3. Forsøgene foretages med en udgangshastighed på 20 km/t henholdsvis 25 km/t.

	SCO Sport Økonomi	SCO Sport Fauber	SCO Club Lux	SCO Sport Racer Champion
Bremselængde				
Ved 20 km/t	4,4 m	4,2 m	4,3 m	3,2 m - For- og bag-bremse
Ved 25 km/t	6,3 m	5,8 m	5,8 m	5,1 m - For- og bag-bremse

Beregn gnidningskoefficienterne ved de to hastigheder for både SCO Club Lux og SCO Sport Racer.

Forklar resultaterne.

Angiv nogle fejlkilder i undersøgelsen.

9. Kontrollér ved aflæsning på grafen på side 16 at:
- dilemmazonen ved hastigheden 10 m/s er beliggende fra 9,5 m til 6,0 m før krydset.
 - dilemmazonen ved hastigheden 4 m/s ligger fra 2 m før til 12 m inde i krydset.
 - Aflæs dilemmazonen ved hastigheden 8 m/s.
 - Angiv det hastighedsinterval for hvilket, der eksisterer en dilemmazone.
10. Ved opmålinger i laboratoriet og i et vejkryds har et hold fundet følgende parametre:
 $r = 0,32 \text{ s}$, $u = 0,70$, $\Delta t = 3,8 \text{ s}$ og $d = 25 \text{ m}$.
Gennemsnitsfarten for en bil og en cykel var det pågældende sted på hhv. 15,8 m/s og 5,0 m/s.
- Beregn ved opbremsning bilens reaktions-, bremse- og standse-længde.
 - Beregn hvor langt en bil med gennemsnitsfart kører i løbet af reaktionstiden.
 - Er der en dilemmazone for denne bil.
 - Gentag beregningerne for en cykel og svar på om der findes en dilemmazone for den.
11. Med de samme parametre som ovenfor skal du beregne dilemmazonens beliggenhed i forhold til krydset for en cyklist der kører med hastigheden 12 km/h.
12. Vis at der med parametrene fra opgave 10 findes et hastighedsinterval mellem 32 km/h og 140 km/h, for hvilket der ikke er nogen dilemmazone.
(Vink: Opskriv "standsegrænsen" og "kørovergrænsen" som funktioner af v_0 , sæt dem lig hinanden og løs ligningen. Forklar selv.)

13. Efter at have udført forsøget om dilemmazoner kan det undre, at der ikke sker langt flere ulykker i vejkryds. I hverdagen glider trafikken jo tilsyneladende nogenlunde sikkert af sted. Denne opgave forsøger at løfte sløret for nogle af de mekanismer, som er med til at øge sikkerheden i krydsene.

I Justitsministeriets bekendtgørelse om vejafmærkning (nr 138, 22. april 1977) står bl. a.:

ad § 55: Følgende tider skal overholdes med en tolerance på 5%

- a. Rødt + gult: 2 sek
- b. Gult : 4 sek
- c. Grønt : mindst 6 sek.

De under pkt. a og b angivne tider kan dog i særlige tilfælde f. eks. ved glat føre, forlænges til hhv. 2,5 sek og 5 sek.

ad § 56: Man benytter ... udtrykket "omløbstid", som dækker det tidsrum fra et bestemt signal, f. eks. rødt, begynder (i en retning) til det samme signal viser sig igen. ... I myldretiderne har signalerne lang omløbstid - som regel 80 sek - som hovedsagelig giver sig udslag i lang grøntid for hovedfærdselsårerne. - Om natten er omløbstiden som regel omkring 40 sek.

En artikel i "Ingeniøren", 1981, handler om lysreguleringen i København:

Lyssignalerne i København tænker sig om

I Københavns Kommune er to hovedtrafikårer nu forsynet med »tænkende« trafiksignaler. Her har man nedlagt detektorer i vejbanen, som løbende registrerer hvor mange procent af bilerne, der kører under en fastsat hastighedsgrænse. Disse oplysninger styrer hastigheden på de »grøn-

ne bølgers«, således at trafikken kommer til at glide bedre f.eks. under vinterens skiftende vejrlig. Tilpasningen af lyssignalerne kommer ikke alene bilerne til gode, men også fodgængerne, som i tilfælde af dårligt vejr får mere tid til at slippe over gaden.



Tænkende lyssignaler får trafikken til at glide

Af Mogens Høeg

Som den eneste storby i verden har København i dag trafiksignaler, der indstiller sig efter vejrliget med langsomme signalskift i dårligt vejr som tåge og kraftig regn og endnu langsommere i snevejr og vintermørke.

Når det har kunnet realiseres, skyldes det en særlig indretning af den elektriske styring af signalanlæggene gennem et kabel-net over hele byen.

Signalanlæggene styres af impulser fra styrecentral, der er indrettet på Politigården. Der udsendes en impuls med 2 sekunders mellemrum og signalomløbene: rød - rødgult - grønt - gult er normalt på 60 sekunder i dagtimerne, 80 sekunder i myldretiderne morgen og eftermiddag og 48 sekunder i nat-tidene, og alle signalanlæggene er indordnet i »grønne bølger« i alle byens trafikårer.

Nu er det første symptom på det dårlige vejr, at en større andel af bilisterne kører med en særlig lav hastighed. Det kan måles entydigt, og det har vist sig, at hvis vi lader disse målinger styre indkoblingen af særr-programmerne, kan man opnå de langsommere signalskift.

Dobbelt registrering

På to hovedtrafikårer i Stor-københavn - Roskildevej og Ågade - har man nedlagt detektorer, der via et måleapparat registrerer hvor mange af 100 biler, der kører under en fastsat grænse, og hvis antallet overstiger den, kræver måleapparatet grønbeløghastigheden nedsat.

Men begge målesteder skal være »enige«, før der sker en ændring.

Dikteres en 10%’s nedsættelse, ændrer styrecentralens apparatur impulsintervallet fra 2,0 sekunder til 2,2 sekunder, hvorved signalomløbet i samtlige 400 trafiksignaler i Storkøbenhavn bliver 88 sekunder i stedet for 80 sekunder.

Herved nedsættes en eksisterende, grønbeløghastighed med 10% fra f.eks. 50 km/h til 45 km/h, og rømnings- og sikkerhedstiderne for kørende såvel som gående trafik forlænges med tilsvarende 10%. Også det gule lys varer 4,4 sekunder i stedet normalt 4 sekunder. Endelig øges alle grantider med 10%. Herved opnås en tilpasning både til lavere kørehastigheder og lavere ganghastighed for fodgængerne - og hermed en større mulighed for at slippe helt over de brede gader.

Yderligere nedsættelse

Men det må være en forudsætning, at det er vejret og ikke en tilfældig sammenklumpning af trafikken, der står for indkoblingen af det beskrevne, som vi kalder programvariant I. Og det sikres ved, at de to målesteder skal være enige om at nedsætte impulsfrekvensen i styrecentralen. Det er også vigtigt, at indkoblingen af programvarianten ikke på nogen måde forstyrrer de eksisterende grønne bølger.

I vinterhalvåret kan fortrinnsvis snefald, men også tåge og mørke, medføre ekstra nedsat

trafikhastighed og ved enig med-ding herom fra begge målesteder, indkobler styrecentralen en programvariant II med 20%’s hastighedsreduktion, d.v.s. fra f.eks. 50 km/h til 40 km/h for grønbeløghastigheden og en forlængelse af de disponible gang-tider for fodgængerne på 20%, medens det gule lys forlænges fra 4 sekunder til 4,8 sekunder.

Tredie måltid

De to programvarianter blev etableret for to år siden, og der har i den tid været visse problemer. Men nu er de justeret ret nøjagtigt, så vi imødeser trafik-afviklingen i den kommende vinter med de bedste forhåbninger. Erfaringerne fra de to foregående vintre har været lovende.

Det har dog været overvejende at etablere et tredje målested, som skulle placeres i en ringgade med lige stor belastning i morgen- og eftermiddagsmyldretid for at øge stabiliteten i det samlede måleresultat, hvorefter to af de tre målesteder skulle være enige om indkobling af en programvariant I eller II. Det vil samtidig give en ekstra sikkerhed i tilfælde af teknisk svigt ved et af måleapparaterne, der er ret sensible og krævende med hensyn til vedligeholdelse og tilsyn.

Mogens Høeg er civilingeniør og ansat i stadsingeniørens direktorat, vejkontoret, København.

Ser man nøjere på signalets skiften i begge retninger samtidig får man følgende skema:

Periode	Retning 1	Retning 2
1	 grøn	rød 
2	 gul	rød 
3	 rød	rød + gul 
4 = 1	 rød	grøn 

Alle disse oplysninger skal du nu bruge i opgaven.

- a. Hvor lang tid varer ifølge bekendtgørelsen periode 2 og 3 tilsammen ? Denne tid kalder jeg "den effektive gultid".
- b. Hvad er betydningen af den effektive gultid ?
- c. Hvad er ifølge artiklen den typiske bilhastighed i København i godt vejr ?

I et vejkryds i København er vejbredden målt til 32 m, inklusiv en gennemsnitsbillængde.

I godt vejr er gnidningskoefficienten mellem dæk og asfalt 0,85 og en førers reaktionstid er 1 sek. (lovens krav).

- d. Opstil et udtryk for "standsegrænsen" som funktion af hastigheden (med de nævnte parametre).
- e. Opstil tilsvarende et udtryk for "kørovergrænsen" med gultid 4 sek.
- f. Opstil også et udtryk for "kørovergrænsen" med gultid lig med den effektive gultid.
- g. Indtegn graferne for de tre funktioner på samme stykke mm-papir.
- h. Aflæs det hastighedsinterval der giver dilemmazone for hver af de to gultider.
- i. Angiv i begge tilfælde dilemmazonen ved farten 50 km/h.

I slud og sjaap er gnidningskoefficienten nedsat til 0,3.

- j. Hvad er ifølge artiklen bilernes hastighed i dårligt vejr ?
- k. - og hvad er den effektive gultid i rigtig dårligt vejr.
- l. Opstil (med parametre svarende til rigtig dårligt vejr) udtrykkene for "standse-" og "kørovergrænsen" som funktion af hastigheden og indtegn de to funktioners grafer på det samme stykke mm-papir.
- m. Aflæs det hastighedsinterval der giver dilemmazoner.

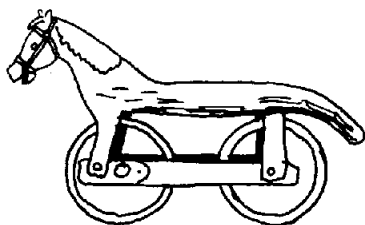
I flere gadekryds er der opsat specielle signaler for cyklister og fodgængere som skifter til gult nogle sekunder før bilernes.

- n. Hvis krydset udstyres med et cyklistsignal, som skifter fra grønt til gult 2 s før bilernes, hvad er da udtrykket for "kørovergrænsen" i dårligt vejr og med effektiv gultid.
- o. Indtegn grafen for denne funktion på grafpapiret fra spørgsmål 1. og aflæs igen det hastighedsinterval der giver dilemmazone.
- p. Prøv at trække hovedlinjerne fra denne opgave frem og skriv en konklusion.

II. CYKLEN

Hvis du ofte kører på cykel har du måske undret dig over, hvorfor din cykel ser ud som den gør. I det følgende vil jeg kort beskrive hvordan cyklen har udviklet sig frem til dens nutidige udformning. Cyklen er et eksempel på et stykke "mekanik" som har fulgt en vis logisk udvikling efterhånden som den samfundsmæssige og den teknologiske udvikling krævede og muliggjorde det.

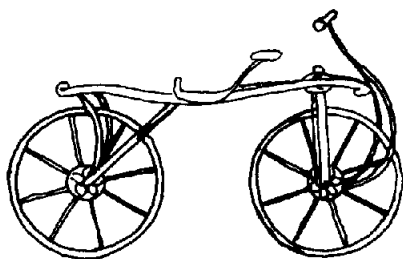
Cyklens forgænger var et yndet stykke legetøj, en træhest på hjul, som adelens børn morede sig med i slutningen af 1700-tallet.



Sivrac's træhest, 1791

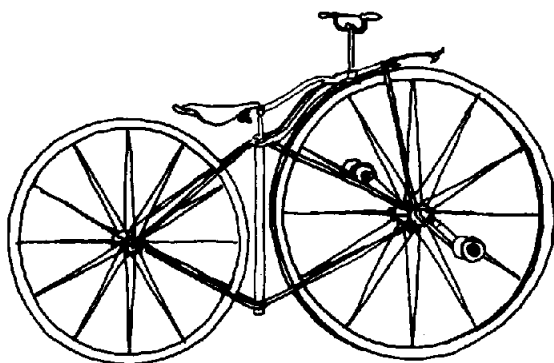
Træhesten blev drevet frem ved at man sad overskrævs og sparkede bagud mod jorden. Den havde den oplagte ulempe at den ikke kunne styres.

Den tyske baron von Drais forbedrede i begyndelsen af 1800-tallet dette legetøj ved at sætte et styrbart forhjul på. Han gjorde derved "cyklen" eller "Draisiennen", som den nu kaldtes, til et egentlig transportmiddel, som var anvendeligt på datidens brolægning, ihvertfald til kortere byture og fortrinsvis for borgerskabets unge mænd.



Draisienne 1819

I 1860'erne skabes den første rigtige cykel, velocipeden, idet den udstyres med pedaler på forhjulet, så rytteren er fri for at berøre jorden.



Phantom 1868

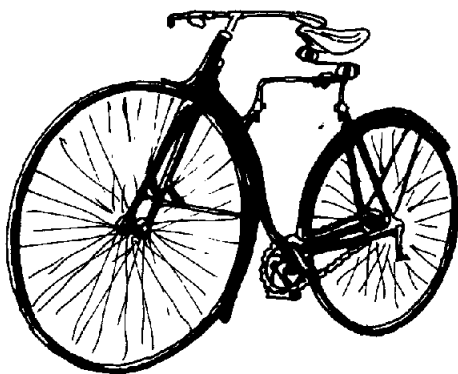
Velocipeden bliver cyklismens egentlige gennembrud. Den er hurtigere og billigere end hest og vogn. Antallet af cykler stiger og priserne falder. "Alle" cykler, også den fremvoksende arbejderklasse, som kører til og fra arbejde eller rekreerer sig ved ture ud af byen.

Til længere ture er det imidlertid hensigtsmæssigt at køre længere pr. pedalomdrejning end velocipeden kunne. Derfor gjorde man forhjulet større, og "væltepeteren" var født. Det store hjul er også en fordel ved kørsel på ujævne veje.



Ariel 1870

Og alligevel - det store forhjul er upraktisk, ikke mindst ved uheld og styrt, og det er umuligt at bestige for kvinder i lange kjoler. I 1880'erne opfindes så endelig cykelkæden, som gør at man ved hjælp af tandhjul kan opnå den ønskede gearing.



Rover Safety 1885

Cyklen var da udviklet til et transportmiddel, der var bedre end noget andet dengang.

En kort oversigt over de vigtigste opfindelser i forbindelse med cyklens udvikling ser således ud (prøv at forestille dig, hvordan din cykel ville være ar køre på, hvis du foretog en rejse tilbage i tiden og mistede de nævnte del efterhånden):

1874	tangentiale egere
1877	kuglelejer og rørstel
1879-85	cykelkæden
1888	luftfyldte gummiringe
1895	frihjulet
ca. 1900	egentlige, gode bremser
1902	navgearet
1932	det udvendige gear
....	i vore dage indføres nye materialer (plastik, aluminium og kulfibre) for at mindske cyklens vægt.

Formålet bag opfindelserne har hele tiden været at gøre cyklen til et bedre og mere komfortabelt transportmiddel: en maskine, der på den mest hensigtsmæssige måde kunne omsætte menneskelig arbejdskraft til bevægelse. Det er altså ikke helt tilfældigt at din cykel ser ud, som den gør. En nøjere gennemgang af cyklens sociale historie findes i Jens Nørgaard's magisterkonferens.

I dette kapitel skal du undersøge nærmere, hvordan selve cyklen virker. Det er en forudsætning, at du kender noget til begreberne kraft, arbejde og energi. Du skal også vide noget om rette linjer, cirklen og lidt om cosinus-funktionen.

Den cykel, du undersøger skal have udvendigt gear (Derailleur), racerventiler (Presta) og let aftagelige hjul. Og så er det iøvrigt en fordel at være både tunge og lette personer i hver gruppe.

Brug den samme cykel i alle forsøg.

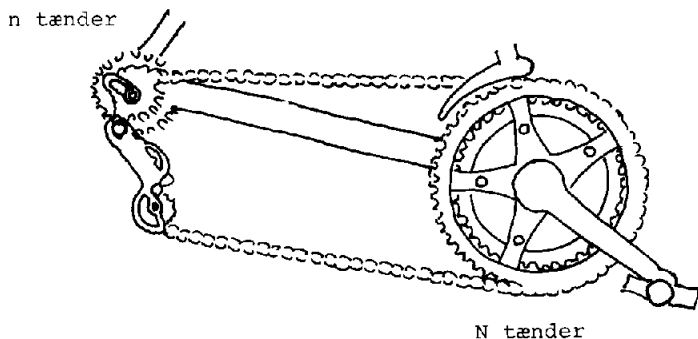
II.1 Kraftoverførsel ved cykling

Når du cykler , så er det noget med at træde i pedalerne. Du bruger dine muskler, dine kræfter, for at få cyklen til at bevæge sig fremad. Den kraft, du træder på pedalen med, vil jeg kalde pedalkraften, F_p . Den omsættes via pedalarm, kæde, gearhjul og baghjul til en fremadbevægende kraft, som jeg vil kalde cykelkraften, F_c .

II.1.a Cyklens gear Øvelse

I de to første øvelser skal du lære noget om gearets betydning for omsætningsforholdet mellem pedalomdrejning og hjulomdrejning, hvilket fortæller noget om den tilbagelagte vejstrækning.

Hvis cyklen har 10 gear vil der forrest være et kædehjul med to klinger og bagved være en krans med fem gearhjul. Kald antallet af tænder på henholdsvis klinge og gearhjul for N og n . For at kunne tale om gearene er det normalt at nummerere dem fra 1 til 10 således at det laveste gear har nummer 1 og det højeste har nummer 10. Udfyld en tabel med antallet af tænder på krans og kædehjul, og bliv enige om en fornuftig rækkefølge ved nummerering.

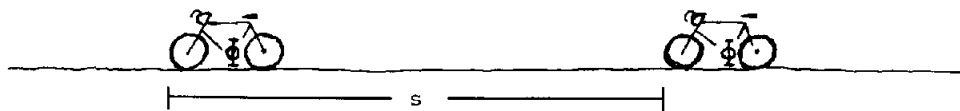


N \ n					

II.1.a

I det følgende får I brug for det højeste og det laveste gear samt et midt imellem.

- II.1.b
 Vejrlængder
 Øvelse Find nu direkte ved måling omsætningsforholdet mellem pedal-
 omdrejning og tilbagelagt vejlængde. Gå ved siden af cyklen, drej
 pedalen en omgang uden at køre frihjul på noget tidspunkt. Mål
 vejlængden s med et målebånd. Udfyld et skema. Mål også bag-
 hjulets diameter d .



$d =$ _____

gear			
s			
N/n			

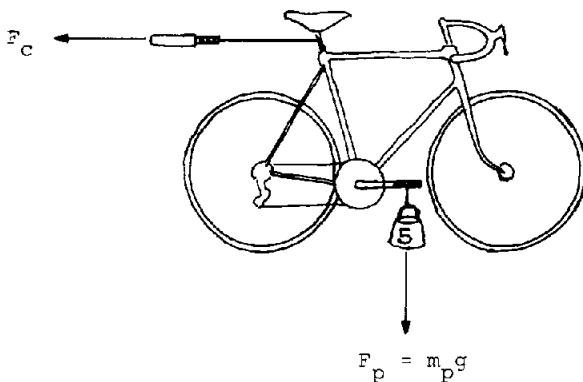
II.1.b

Rapport Tegn en graf over den målte vejlængde som funktion af ud-
 vekslingsforholdet N/n .

Regn opgave 3.

II.1.c F_c 's afhængighed af F_p .

Stil pedalarmen vandret og sæt cyklen i mellemste gear. Belast pedalen med forskellige vægte enten ved at stille jer op på pedalen eller ved at hænge lodder på. Kald massen m_p og beregn $F_p = m_p g$. Bind en kraftmåler fast til cyklen og mål F_C . Indfør resultaterne i et skema. Mål også baghjulets radius r_h .


$$r_h =$$

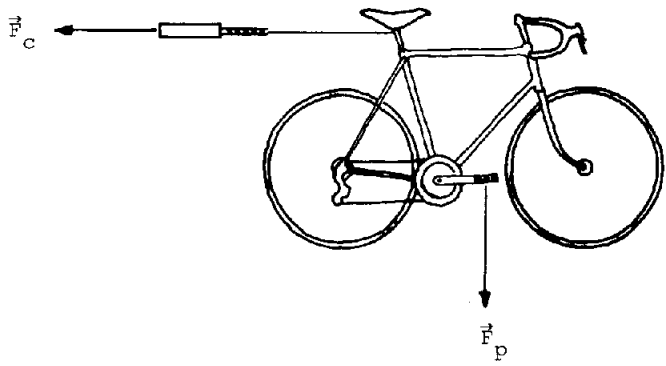
II.1.c

II.1.C

Tegn en graf over F_c som funktion af F_p . Beregn hældningen.

II.1.d F_C 's afhængighed af gearet.

Øvelse Stil pedalarmen vandret og lad en bestemt af jer stå på den. Mål, ligesom i øvelse II.1.c, cykelkraften F_C . Skift gear og gentag. Udfyld tabel.



m_p

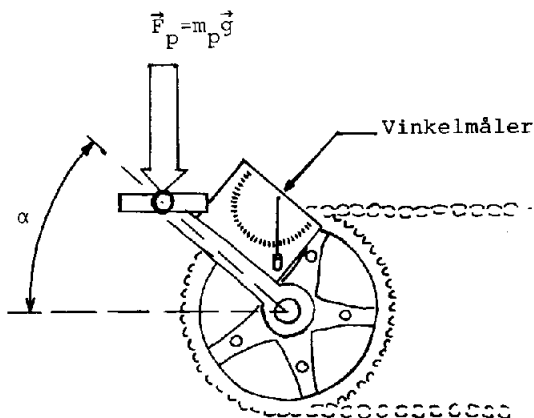
gear			
F_C			
n/N			

II.1.d

Rapport Tegn graf over F_C som funktion af n/N . Beregn hældningen.

II.1.e F_C 's vinkelafhængighed.

Øvelse Sæt cyklen i mellemste gear og belast pedalen med en bestemt masse m_p og varier vinklen α . Indsæt i skema.



m_p

F_C						
α						

II.1.e

Rapport Tegn en graf over F_C som funktion af α for $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Teori I har nu i de fire sidste deløvelser undersøgt, hvordan vejlængden s afhænger af gearet N/n samt hvordan cykelkraften F_C afhænger af pedalkraften F_p , gearet n/N og pedalens drejningsvinkel α . Måske har I allerede undervejs prøvet at gætte jer til de teoretiske udtryk for s og F_C . I skal nu løse opgaverne nr 1 til nr. 10 og derved opstille disse udtryk.

Rapport

Når du har fundet de teoretiske udtryk for s og F_C skal du indtegne de tilhørende teoretiske grafer på de grafer, du har tegnet i øvelserne II.1.b - e.

Hvor nøjagtige var jeres målinger? Angiv den relative usikkerhed på de målte hældningskoefficienter i forhold til de teoretisk beregnede.

Du har fundet et teoretisk udtryk for produktet $F_C s$. Hvad er betydningen af det? Mål pedalarmens længde r_p og hjulets diameter $d = 2 r_h$ og indsæt i udtrykket for $F_C s$. Beregn produktet for $\alpha = 0^\circ$ og med den masse m_p , du brugte i øv. II.1.d.

Sammenlign den beregnede værdi af $F_C s$ med de tal, du får ved at gange de målte værdier af s (skema II.1.b) med de målte værdier af F_C (skema II.1.d). Indsæt tallene i et skema som vist herunder. Angiv den relative usikkerhed på resultaterne i forhold til den beregnede værdi.

gear			
s			
F_C			
$F_C s$			

II.1.f.

Din rapport over øvelserne II.1.a - e skal altså indeholde tabeller, grafer, formler (med korte udledninger) samt kommentarer og konklusioner. Du skal vurdere usikkerhederne på målingerne ved at sammenligne med de teoretiske værdier. Angiv de væsentligste fejlkilder.

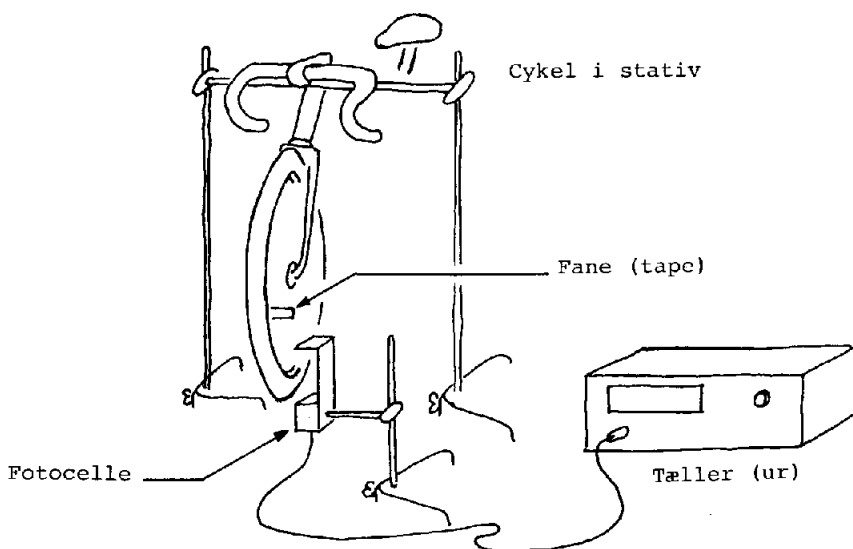
II.2. Gnidningsmodstand

Du har i de sidste øvelser lært noget om det arbejde, du yder ved cykelkørsel. Du ved af erfaring at det er nødvendigt næsten uafbrudt at yde et arbejde for at holde cyklen kørende. Også selvom det er med jævn fart, i stille vejr og på flad vej. Dette er tilsyneladende i modstrid med inertiens lov. Du har derfor grund til at antage at der går noget arbejde "tabt". Hvad dette arbejde bliver brugt til er emnet for de næste to øvelser.

Arbejdet tabes fordi der er gnidningskræfter i lejerne og rullemodstand ved vejbanen; kræfter der virker mod dig.

II.2.a. Gnidning i lejerne.

Øvelse I skal her måle den gnidningskraft F_1 , der virker i lejerne på cykelhjulene. I skal bruge stativer, fotocelle og elektronisk ur (SF-tæller), samt noget tape. Opstillingen er som vist:



Start hjulet. Fotocellen er anbragt så fanen (tapen) skiftevis tænder og slukker uret (tælleren). Forskellen Δt mellem to tal t på tælleren er tiden for hveranden omgang. Nedskriv tallene t i en tabel som vist. Udregn Δt og $v^2 = (2\pi r_h / \Delta t)^2$ og indfør i tabel. Lad s betyde den ialt tilbagelagte vejstrækning. Så er $s = n \cdot 2\pi r_h$, hvor n er antallet af hjulomdrejninger. Sæt resultaterne ind i et skema.

$r_h =$ _____ $m_h =$ _____

n	t	Δt	v^2	s

II.2.a

Rapport Tegn en graf over v^2 som funktion af s .
 Hvis I har tid kan I gentage forsøget med baghjulet.
 Jeg antager nu at hele hjulets masse er samlet langs periferien (dæk og fælg). Kald massen for m_h . Hjulets kinetiske energi er da givet ved

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_h v^2$$

I følge arbejdssætningen er tabet i kinetisk energi lig med det af gnidningskraften F_1 udførte arbejde:

$$- \Delta(\frac{1}{2} m_h v^2) = F_1 \Delta s$$

som omskrives til

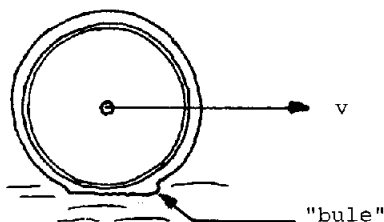
$$\frac{\Delta(v^2)}{\Delta s} = - 2 \frac{F_1}{m_h}$$

Mål m_h og benyt grafen til at finde F_1 .

Rullemodstand.

Teori

Som allerede nævnt yder hjulets rullen mod vejbanen en modstand mod bevægelsen. Du skal nu finde den kraft F_r , som kaldes for rullemodstanden. At der er en sådan modstand kan du overbevise dig om ved at se på figuren, der viser et hjul i fart.



Når hjulet drejer, forsøger det hele tiden at køre over "bulen", som så istedet forskubbes rundt langs dækket, hvilket kræver et arbejde på grund af spændinger i gummi. Dette arbejde omsættes til indre energi, varme. Prøv engang at lægge hånden på et bildæk efter en længere tur, det er ret varmt.

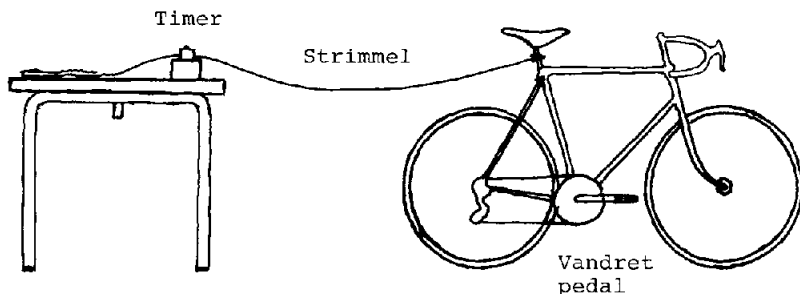
Der findes ingen teoretisk udregnede formler for rullemodstandens størrelse, men jeg vil alligevel prøve at opstille et udtryk. Det er rimeligt at tro at rullemodstanden afhænger af dækkets lufttryk p og af cyklens vægt inklusiv rytter. Tænk f. eks på nogle ekstreme tilfælde som et fladt hjul og/eller en cykel med tre personer på. Det må være sådan at mindre lufttryk giver større rullemodstand og at større vægt giver større modstand. Jeg vil derfor antage at rullemodstanden F_r er ligefrem proportional med tyngden af cykel plus rytter F_t og gætte på at den er næsten omvendt proportional med lufttrykket p . Du kan derfor gætte dig til formelen

$$F_r = \left(a + b \frac{1}{p} \right) F_t$$

hvor a og b er konstanter og $F_t = (m_p + m_c) g$, hvor m_p og m_c er masserne af hhv. person og cykel. Kontrollér at dette udtryk har de ovenfor nævnte egenskaber.

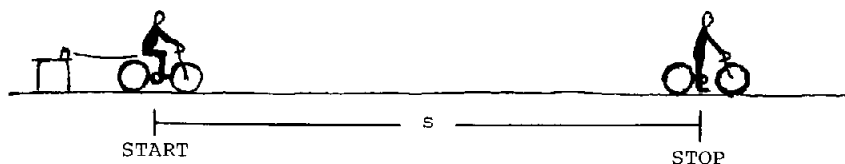
II.2.b. Rullemodstand

Øvelse I denne øvelse skal I bestemme F_r ved hjælp af bevarelses-sætningen for mekanisk energi. I skal bruge en timer med strimmel og et langt målebånd. Opstillingen er som vist på figuren.



Forsøget foretages bedst indendøre på et fladt gulv.

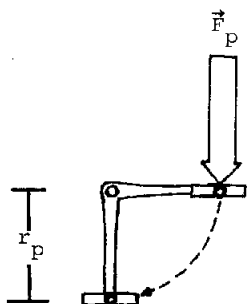
Fastgør timerstrimlen til cyklen. Sæt cyklen i mellemste gear og sæt pedalarmen vandret. En af jer stiller sig med hele sin vægt på pedalen og slipper så bremserne. Lad pedalen foretage den kvarte omdrejning til lodret nedad og sid så helt stille og se hvor langt cyklen bevæger sig indtil den standser af sig selv. Mål hvor langt cyklen kørte.



I starten mister du potentiel energi, som beregnes af

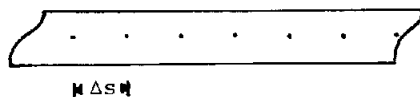
$$E_p = m_p g r_p$$

hvor m_p er din masse og r_p er pedalens længde.



Timerstrimmel

$\Delta t = 0,01 \text{ s}$



Ved hjælp af timerstrimlen kan du finde cyklens hastighed til det tidspunkt, hvor pedalen netop går i bund, den største hastighed. Den kinetiske energi beregnes som

$$E_k = \frac{1}{2} (m_p + m_c) v^2$$

Er $E_p = E_k$?

Cyklen standser på grund af rullemodstanden F_r . Den kinetiske energi går derfor til at overvinde rullemodstandens arbejde, dvs. (arbejdssætningen):

$$E_k = F_r s$$

Beregn F_r . Egentlig gælder at $E_k = (F_r + 2F_l + F_v) s$, hvor F_l er leje-modstanden og F_v er vindmodstanden, begrund at man kan se bort fra disse to i forsøget her.

Gør forsøget ialt seks gange med henholdsvis tung og let person og cyklen i tre forskellige gear. Indsæt resultaterne i en tabel. Husk enheder.

$m_c =$ _____ $r_p =$ _____

gear	m_p	s	v	E_p	E_k	F_r

II.2.b

Rapport

Forklar resultaterne.

Hvilken indflydelse har gearene på bevægelsen ? Det er en god idé at kigge på timerstrimlen og undersøge hvor langt cyklen er kørt før den opnår hastigheden v. Tænk på acceleration og cykelkraft.

II.2.c Rullemodstandens afhængighed af lufttrykket.

Øvelse

I skal bruge et målebånd og en trykmåler. Selve forsøgsgangen er som i 2.2.2. men uden timerstrimmel og med kun én forsøgsperson. Mål vellængden s og beregn $F_r = (m_p \cdot g \cdot r_p) / s$. Variér lufttrykket p og sørg for at der er samme tryk i både for- og baghjul. Udfyld skema.

$m_p =$

$m_c =$

$r_p =$

$F_t =$

p	s	F_r	F_r/F_t	1/p

II.2.c.

Rapport

Afbild F_r/F_t som funktion af $1/p$ og beregn konstanterne a og b, idet det antages at funktionsudtrykket er på formen

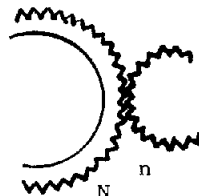
$$\frac{F_r}{F_t} = a + b \frac{1}{p}$$

Passer dine værdier for a og b med de værdier der er opgivet i opgave nr 19 ?

Rapporten skal indeholde alle tabeller og grafer samt forklaringer på eventuelle forskelle fra de teoretiske værdier.

OPGAVER

1. Hvis to tandhjul med hhv. 50 og 25
a. tænder drejer rundt sammen, hvormange
omdrejninger gør det lille så hver gang
det store kører en omgang ?
b. Hvis der er 53 og 21 tænder, hvad er
svaret så ?



2. I en avis-artikel om cykelløb står der:
"... Grand Prix des Nations er i lighed med andre klassikere
mytologisk. Et løb der i Coppins dage betød at ingen rytter
vovede sig ud over gear $49 \times 16 = 6,54$ m pr. pedalomdrejning,
Coppis løbsgear. Et uanseligt gear i forhold til Thuraus og
Hinaults "møller" der hedder $55 \times 12 = 9,79$ m pr. pedalom-
drejning. ..."
a. Vis ved beregning Coppins og Hinaults gear giver de nævn-
te vejlængder (det passer ikke helt), idet hjulene er 27".
b. Hvor stor bliver hastigheden i de to gear hvis man kører
med 50 omdrejninger i minuttet ? - beregn også hastigheden
i km/h.
3. Opstil en formel for tilbagelagt vejlængde pr. pedalom-
drejning s som funktion af udvekslingsforholdet N/n og
hjulets diameter d .
4. I opgave 2 og 3 har du fundet ud af at hastigheden kan
udtrykkes ved

$$v = \frac{N}{n} \pi d \cdot \frac{\text{omdr. pr min.}}{60}$$

- a. Idet $d = 27"$ og $N/n = 52/18$ og omdr. pr. min. = 50 skal
du beregne v .
b. En anden cyklist kører med $N/n = 46/19$ og $d = 27"$. Hvor
mange omdrejninger pr minut skal hun køre med for at følge
med den første.

5. En racercykel med 27"-hjul har gearingen:

N \ n	22	20	18	16	14
52					
42					

Ved forsøg har man fundet at det er behageligst at cykle med 50 omdrejninger i minuttet.

- Hvis jeg sætter dette "komfort"-tal til 50 ± 5 pedalomdrejninger pr. minut, hvilken hastighed kan man så køre med i de ti gear?
 - Beregn også hastigheden i km/h.
 - Hvor mange forskellige gear er der reelt på cyklen?
6. Dette handler om noget i fysikken der hedder kraftmoment, som normalt først behandles senere, men du kender sikkert allerede til princippet:

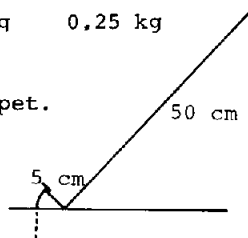


- Hvis $r = 2 \text{ m}$, hvor stor skal x så være for at holde ligevægt?

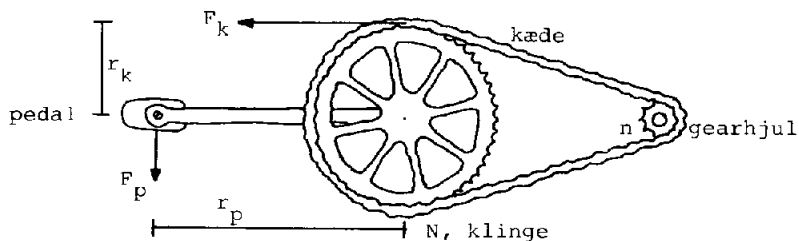
10 kg 5 kg 2 kg 1 kg 0,5 kg 0,25 kg

- Man kalder det også vægtstangsprincippet.

Hvis det kræver 100 N at hive et søm op, hvor stor en kraft skal du så bruge med det viste "ko-ben".



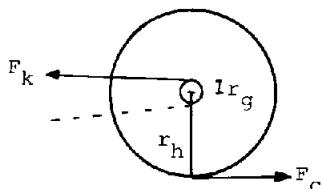
7. Nu til cykelkæden !



- Idet pedalarmen har længden $0,175 \text{ m}$ og klingen har en radius på $0,0875 \text{ m}$ skal du beregne kædekraften F_k og pedalkraften F_p . Vis at $F_k = \frac{r_p}{r_k} F_p$

- b. Ved det lille hjul (gearhjulet) er kædekraften også F_k , hvorfor det ?

- c. Tegningen viser cyklens baghjul med gearhjul.



Med $F_k = 1200 \text{ N}$, $r_g = 3,0 \text{ cm}$ og $r_h = 34 \text{ cm}$ skal du beregne F_c . Vis at $F_c = \frac{r_g}{r_h} F_k$.

- d. Vis at alt i alt er $F_c = \frac{r_g}{r_k} \frac{r_p}{r_h} F_p$
- e. Forklar at $\frac{r_g}{r_k} = \frac{n}{N}$ og indsæt det i udtrykket for F_c .
- f. Anvend formelen på dine forsøgsresultater (II.1.c) og beregn omsætningsfaktoren mellem F_p og F_c .

8. En cykel har $n/N = 14/52$ og $r_p/r_h = 17/34$

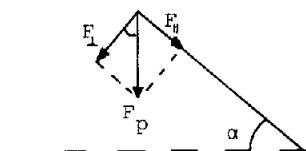
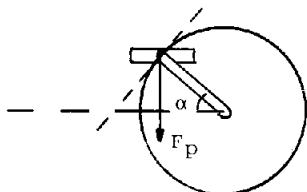
- a. Beregn omsætningsfaktoren mellem pedal- og cykelkraft ($\frac{n}{N} \cdot \frac{r_p}{r_h}$).

- b. Beregn F_c når F_p svarer til et lod med massen 5 kg.

- c. For samme cykel, men med gear 18/52 fandt jeg $F_c = 9 \text{ N}$. Er det rimeligt ?

- d. Det højeste gear på cyklen er 14/52 og det laveste er 22/42. Hvis F_c skal være den samme i de to gear, f.eks 12 N, hvor stor skal pedalkraften F_p så være.

9. I denne opgave skal I bruge cosinus og sinus. Pedalen er i en situation hvor den danner vinklen α med vandret.



- a. Når $\alpha = 40^\circ$ og $F_p = 50 \text{ N}$, skal I vise at kraften kan op-løses i to komponenter, vinkelret og parallelt med pedal-armen, hhv $F_\perp$ og $F_\parallel$, med værdier 38 N og 32 N.

- b. For $F_p = 50 \text{ N}$ skal I udfylde et skema som følgende:

α	0°	10°	20°	30°	40°	45°	60°	80°	90°
$F_\perp$									
$F_\parallel$									

- c. Prøv at sammenligne med resultaterne fra graf II.1.e og find ud af om det er $F_\perp$ eller $F_\parallel$ der virker på cyklen.
- d. Tegn "den rigtige graf" til øvelse II.1.e, idet det antages at F_C er målt rigtigt ved $\alpha = 0^\circ$.

10. Du har fundet både hvor langt cyklen kommer pr pedal-omdrejning og cykelkraften for de forskellige gear. Jeg har prøvet med et 5 kg lod som masse og fik følgende resultater

- a. for s og F_C . Se på tallene og beregn $F_C \cdot s$ i de forskellige gear.

gear	$F_C / (\text{N})$	$s / (\text{m})$	$F_C \cdot s / (\text{Nm})$
52x14	6,5	8,0	
52x18	9,0	6,2	
52x22	11,5	5,1	
42x22	14,5	4,0	

- b. Hvad er størrelsen $F_C s$ et udtryk for ?
- c. Hvad kan du slutte udfra tallene i kolonnen $F_C s$?
- d. Beregn $F_C s$ for dit eget forsøg, se side 33.

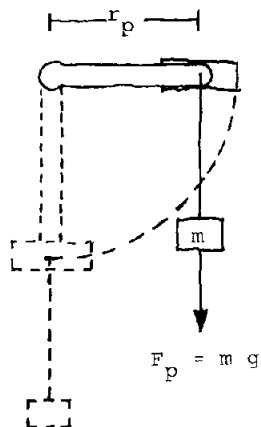
11. I et forsøg har jeg målt omløbstiden for et 27" hjul til $t = 1,34 \text{ s}$.

- a. Beregn hjulets fart, idet du først finder hvor langt det kører pr. omdrejning.
- b. Beregn hjulets kinetiske energi, når massen af det er 1,4 kg.
- c. Hvis hjulet kører 38 omdrejninger hvor langt har det så kørt ?

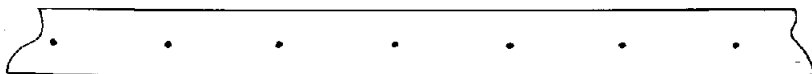
- 12 a. Hvis et hjul har en kinetisk energi på 2.4 Nm og det kører 86 m før det stopper, hvor stor var så bremsekraften ?
- b. Hvor stor var bremsekraften i opgave 11 b og c ?

13. Et lod hænger på pedalen, når den er vandret. Massen er $m_p = 60 \text{ kg}$ og radius $r_p = 0,17 \text{ m}$. Nu bevæger pedalen sig ned til den nederste lodrette stilling.

- Beregn tabet i potentiel energi.
- Hvis al denne energi bliver overført til baghjulet med masse $m = 1,5 \text{ kg}$, hvor stor en kinetisk energi får det så og med hvilken fart kører det rundt ?

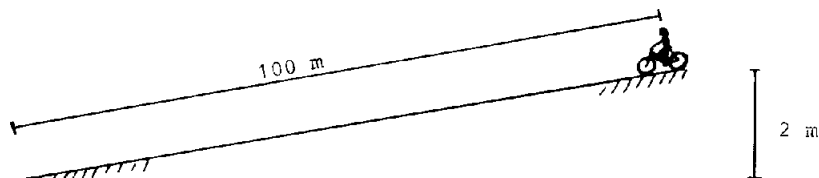


14. En person sætter en cykel i gang ved at træde pedalen
- fra vandret til lodret. Hvor stor er cyklens hastighed, når tabet i potentiel energi er $E_p = 90 \text{ J}$ og person og cykel vejer 75 kg .
 - Hvis cyklen derefter kører 25 m , hvor stor var så modstanden (kraften) mod bevægelsen ?
 - I forsøget havde cyklen bundet en timerstrimmel efter sig. Hvert $0,01 \text{ s}$ sætter timeren en prik. Strimlen er vist nedenfor. Beregn hastigheden v udfra strimlen ved at måle med en lineal.



- Beregn udfra v og $m = 75 \text{ kg}$ den kinetiske energi og find hvor stor en procentdel af den oprindelige potentielle energi, der er gået tabt.
15. En person på 75 kg drejer pedalen med hele sin vægt fra vandret til lodret nedad. Cyklen vejer 15 kg og pedalarmen har længden $0,17 \text{ m}$.
- Find cyklens hastighed, når der ikke sker energitab.
 - Cyklen standser efter 28 m . Beregn rullemodstanden.

16. En cyklist kører med hastigheden $2,0 \text{ m/s}$.
- Hvor stor er den samlede kinetiske energi af person plus cykel når den samlede masse er 80 kg ?
 - Nu drejer rytteren med hele sin vægt (65 kg) pedalen en kvart omdrejning fra vandret (pedalarm 15 cm). Hvor meget potentiel energi taber rytteren derved ?
 - Hvis al den potentielle energi bliver omsat til kinetisk energi, hvad bliver hastigheden da forøget til ?
17. En cyklist holder på toppen af en 2 m høj bakke, der er 100 m lang. Cykel og rytter har massen 85 kg .



- Beregn cyklistens potentielle energi.
 - Beregn - idet du ser bort fra al modstand - den kinetiske energi og hastigheden ved foden af bakken, efter at cyklisten har kørt frihjul nedad.
 - Hvis rullemodstanden er $4,0 \text{ N}$ skal du beregne tabet i energi på strækningen top til fod.
 - Hvad er nu hastigheden ved foden ?
18. I Husholdningsrådets Tekniske Meddelelser nr. 2, 1982 står:

FRILOBSPRØVER

Cyklernes »fribløb« prøves af 2 personer (60 kg) på en ren, tør og jævn asfaltbane. Forsøgene foretages på samme dag med en vindstyrke på under 5 m/s . Hver person foretager 3 prø-

ver i modvind og 3 i medvind, således at der i alt foretages 12 prøver på hver cykel. Gennemsnittet, der angives som fribløbslængde i skema J, er et udtryk for den strækning, cyklen løber af sig selv med en udgangsfart på 10 km/t og til cyklen står stille.

Skema 3. Praktiske prøver

	SCO Sport Økonomi	SCO Sport Fauber	SCO Club Lux	SCO Sport Racer Champion
12. Fribløbslængde	ca. 75 m	ca. 75 m	ca. 100 m	ca. 120 m

Beregn den samlede modstand (rulle-, leje og vindmodstand).
 Hvordan passer resultaterne med dine målinger og hvad for-

tæller resultaterne om cyklernes værdi ?

Hvilken mangel er der i undersøgelsen ?

19. Angående rullemodstandens afhængighed af lufttrykket i dækket står der i bogen "Bicycling Science" af F. Whitt og D. Wilson at

$$F_r = (5,0 \cdot 10^{-3} + \frac{0,15}{p}) m g$$

hvor m er den samlede masse af cykel og rytter, p er dæktrykket i en speciel amerikansk enhed psi, pounds pr. square inch og g er tyngdeaccelerationen.

- a. Beregn F_r når $p = 70$ og $m = 80$ kg.
b. En dag er hjulene ikke pumpet ordentligt op og p er kun 50. Hvad bliver F_r så. Hvor mange % er kraften blevet større?

20. For at eftervise at udtrykket for rullemodstanden kan skrives som

$$F_r = (a + b \cdot \frac{1}{p}) m g$$

foretog et hold øvelse II.2.c med forskellige tryk p . I hvert forsøg tilførte de cyklen energien 100 J, og massen var konstant 80 kg.

De fik følgende resultater:

$p/(psi)$	70	60	50	45
$s/(m)$	40	35	30	27
$F_r/(N)$				

- a. Beregn F_r .
b. Bestem konstanterne a og b ved at tegne en passende graf.
21. Slå op i din håndbog og find ud af hvor mange bar, der er på 1 psi. Hvis $b = 0,15$ psi, hvormange bar er b så ?
22. Man har vist at en gennemsnitscyklist kan opretholde en effektydelse på 45 W i længere perioder. Hvis man antager at den samlede modstand mod bevægelsen er 10.5 N, hvad bliver så cyklistens gennemsnitshastighed ?

III. Energiforbrug ved cykling

I de foregående kapitler lærte du noget om trafik og bevægelse og om cyklens funktion. Du så at det er nødvendigt at yde et arbejde for at kunne bevæge sig afsted på cykel og at grunden hertil er at der er kræfter, som virker mod bevægelsen, dels i lejerne og dels som rullemodstand. Du kan nedsætte virkningen og dermed arbejdet ved at smøre og pumpe godt!

Desværre er der endnu en væsentlig modstand mod bevægelsen, som det ikke er så "let" at ændre, nemlig vindmodstanden. I dette kapitel skal du undersøge vindmodstanden, se på menneskets energiomsætning ved cykling og stifte kendskab til andre energiformer. Du skal i forvejen vide noget om energi, effekt og varme.

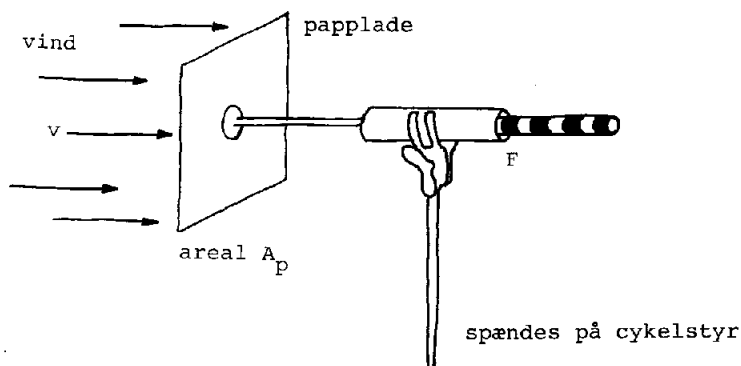
III.1 Vindmodstand.

Teori Det er en vanskelig sag at beskæftige sig teoretisk med vindmodstand, men du har sikkert en fornemmelse af at vindens tryk kan nedsættes ved at du læner dig frem over styret eller ved at nedsætte hastigheden, når du cykler i modvind. Det kan altså begrundes eksperimentelt (intuitivt), at der gælder følgende sammenhæng mellem vindens tryk og hastigheden:

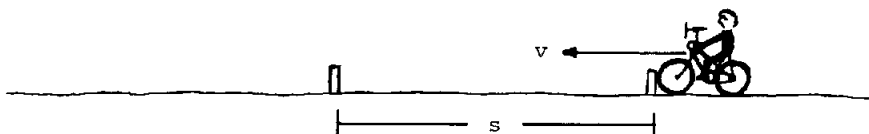
$$\frac{F}{A} = k v^2 \Leftrightarrow F = k A v^2$$

hvor A er cyklistens frontareal og k er en konstant. At der står v^2 og ikke v er igen eksperimentelt begrundet.

Øvelse For at måle vindmodstanden skal I bruge en kraftmåler, der kan trykkes sammen af en let papplade med et kendt areal A_p . Se tegningen. Iøvrigt skal I bruge et stopur og et målebånd.



Opmål en bane med længden s ca. 25 m som vist på figuren. Jeres cyklist aflæser kraftmåleren samtidig med at en anden måler tiden for de 25 m. Beregn hastigheden v og indfør resultaterne i en tabel.



$s =$ _____ $A_p =$ _____

t	v	F	v^2

III.1

Hvis I arbejder indendøre er det kun fartvinden, I måler på. Hvis I arbejder udendørs, må I enten lægge banen på tværs af vindretningen eller lave forsøgene to gange i henholdsvis med- og modvind og korrigere for vindhastigheden.

Rapport

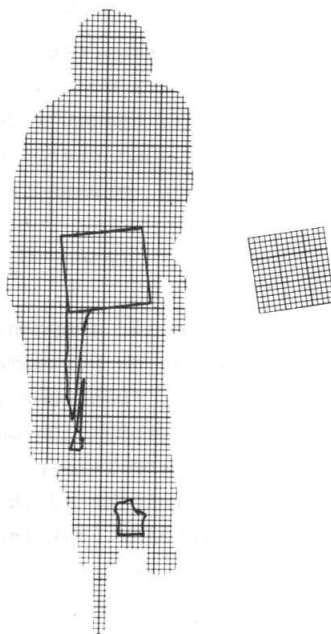
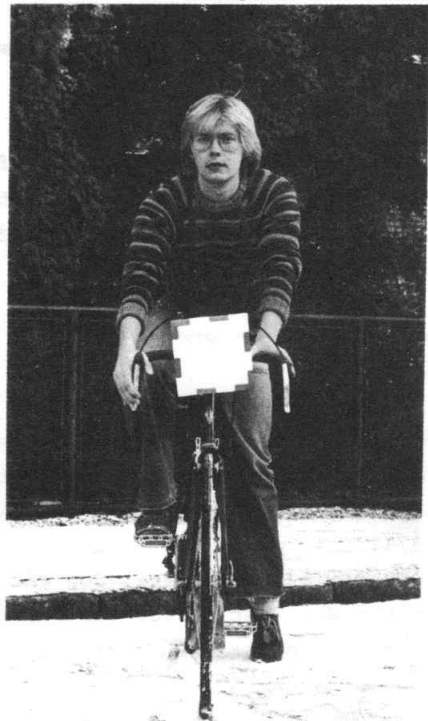
Tegn en graf over F som funktion af v^2 . Resultatet bliver sandsynligvis en ret linje. Find hældningen og bestem k .

Bemærkning:

- Faktisk har jeg i indledningen kun sandsynliggjort at vindkraftens afhængighed af hastigheden er af formen $F = k A v^a$ med $a \geq 0$. Hvis I har lært at bruge dobbeltlogaritmisk graf-papir, kan I afbilde F som funktion af v og selv bestemme a udfra hældningen. -

For at finde vindmodstanden på en "hel" cyklist er det nødvendigt at kende cyklistens frontareal A_C . Jeg har gjort forsøget med en papplade der havde arealet $A_p = 20 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}$. Den er vist på billedet. I kan finde cyklistens areal ved at tælle tern på både cyklisten og kvadratet og sammenligne med det kendte areal A_p . I kan evt. tage et billede af jer selv og klippe figurerne ud og veje dem og deraf regne jer frem til jeres eget frontareal.

Denne metode til at måle vindmodstand er en grov metode. Hvorfor? Hvad tager den ikke hensyn til?



Hvis du kører med konstant hastighed, gælder at den ydede effekt P (arbejde pr. tidsenhed) er givet ved:

$$P = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

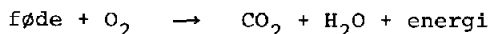
Tegn en graf over den effekt der skal til at overvinde luftmodstanden som funktion af hastigheden for en cyklist med frontarealet A_C .

III.2. Cykling som motion.

Samtidig med at cykeltrafikken er steget kan man iagttage en stigende brug af cyklen til motionsture, med det enkle formål at give cyklisten større velbefindende. Det har længe været kendt at daglig motion nedsætter risikoen for hjerte- og kredsløbssygdomme. Den føde, du indtager, kan nemlig groft sagt enten oplagres som fedtdepoter i kroppen, hvilket giver problemer med overvægt og kredsløbsforstyrrelser, eller forbruges ved fysisk aktivitet herunder bl. a. cykling. De følgende øvelser prøver at afklare noget om, hvor effektiv cykelmotion er, men emnet er meget stort og en altomfattende behandling falder udenfor rammerne for dette hæfte.

III.2.a. Energistofskiftet.

Teori Den energi, du bruger til cykling, stammer oprindeligt fra kemisk energi, bundet i den føde, du spiser og drikker. Omsætningen fra bunden energi til nyttig energi, bl.a. muskelarbejde, foregår ved en forbrænding, det såkaldte energistofskifte:



Eftersom ilt (oxygen, O_2) indgår som en nødvendig del af processen, kan du bestemme energiproduktionen ved at måle den iltmængde, der forbruges ved forbrændingen. Omsætningsfaktoren mellem energiproduktion og iltforbrug kaldes oxygens energetiske værdi og har størrelsen 20,5 kJ/l.

Det er imidlertid ikke al den frigjorte energi, der går til muskelarbejde, cykling. Den brøkdel, der bliver til "nyttigt" arbejde, udtrykkes ved netto nyttevirkningen:

$$N = \frac{A}{E - e}$$

hvor A er det udførte, nyttige arbejde, E er den tilførte energi og e er hvilestofskiftet. Det er nødvendigt at medregne hvilestofskiftet idet din krop i modsætning til de fleste maskiner

også bruger energi i hvile til at opretholde livsvigtige funktioner. Tallet E - e beskriver altså den energi, som skal tilføres kroppen ekstra under udførelsen af arbejdet.

Øvelse Formålet med denne øvelse er at finde energiproduktionen og netto nytteeffekten for en cyklist.

Dertil skal I bruge en såkaldt Douglas-sæk, en ergometercykel ("kondicykel"), et stopur, en gasmåler, en metronom og et specielt apparat til bestemmelse af luftens iltindhold.

Douglas-sækken benyttes til at opsamle cyklistens udåndingsluft, så I efter forsøget kan måle hvor meget luft, der passerer gennem lungerne, ved at tømme sækken ud gennem gasmåleren. Med analyseapparatet kan I måle udåndingsluftens indhold af ilt i procent (følg apparatets brugsanvisning). Indåndingsluftens iltindhold antages at være konstant på 20,9%. Udfra kendskab til de to iltprocenter før og efter og luftens totale rumfang kan I beregne rumfanget af den forbrugte iltmængde.

I hvile

Læg jeres forsøgsperson på en bænk i rolige omgivelser i ca. 5 minutter. Derefter opsamler I udåndingsluften i 5 min. samtidig med at I tager pulsen. Til slut måler I luftens rumfang V og iltindhold O%. Indsæt resultaterne i skemaet.

Ved cykling.

Ergometercyklen er i princippet en opklodset cykel med en fast bremse, som kan indstilles til at påvirke hjulet med en bestemt kraft. Når cyklisten cykler med en fast frekvens, f. eks. i takt til metronomen med ca. 100 slag i minuttet, vil han/hun arbejde jævnt. Det udførte arbejde beregnes ved at gange bremsekraften med den tilbagelagte vejlængde (hjulets omkreds gange antal omdrejninger) eller ved direkte aflæsning på ergometercyklen.

Lad nu cyklisten køre med en belastning på 5 - 10 kJ/min. Efter 5 minutter antages det, at der er indtrådt en ligevægt, så iltforbruget svarer til det udførte arbejde. Mål pulsen. Den skal være på 130 - 150 slag pr. minut, ellers skal belastningen

ændres. Når pulsen er stabil opsamler I udåndingsluften samtidig med at I måler tiden. Fortsæt til sækken er mindst halvt fyldt og afbryd så forsøget. Mål igen luftmængden V og iltindholdet $O\%$. Beregn det udførte arbejde pr. minut, og indsæt resultaterne i skemaet.

	HVILE	ARBEJDE
tid		
puls		
V		
$O\%$		
VO_2		
energi pr. min	$c =$	$E =$
arbejde pr. min		A

Rapport Beregn i begge delforsøg rumfanget af den forbrugte ilt, VO_2 omregn til energi pr. min. og find nettoeffektiviteten.

III.2.b. Kondital.

Teori Ved en persons kondital forstås dennes maksimale iltoptagelse pr. minut pr. kg legemsvægt, d.v.s. et tal med enheden ml/min. kg .

Diskuter hvad dette er et mål for.

Øvelse I denne øvelse skal I bestemme kondital ved cykling på kondicyklen (hvis virkemåde står beskrevet i sidste øvelse). I skal også bruge et ur og en personvægt. Først vejes cyklisten. Begynd med at indstille kondicyklens bremse til en forholdsvis

lille belastning, d.v.s. så forsøgspersonens arbejds puls bliver 90 - 100 slag/min. Mål pulsen når den er stabil. Derefter forøges arbejdsintensiteten (effekten) og forsøget gentages. Fortsæt til I har et rimeligt antal sammenhørende værdier af effekt og puls. Indsæt resultaterne i tabellen.

vægt: _____

puls						
effekt						

III.2.b.

Rapport

Afbild puls som funktion af arbejdsintensitet.

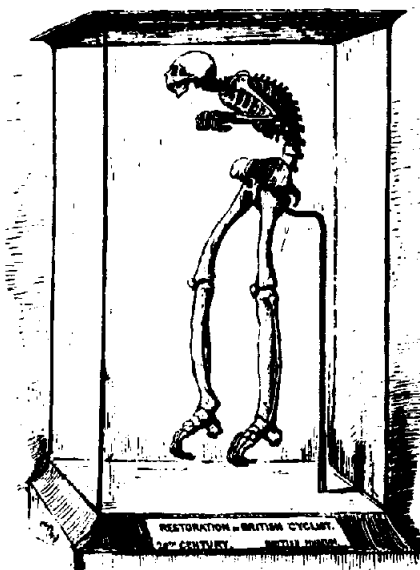
Resultatet skulle gerne blive en ret linje. For unge mennesker er den maximale pulsfrekvens på 200 slag/min. Aflæs på grafen den maksimalt mulige arbejdsintensitet.

Nyttevirkningen, d.v.s. forholdet mellem udført arbejde og omsat energi, er ved cykling 23% og iltens energetiske værdi er 20,5 kJ/l. Beregn cyklistens kondital.

Hvor hurtigt kan du (forsøgspersonen) cykle ved maksimal ydelse (benyt den sidste graf i øvelse III.1).

A WARNING TO ENTHUSIASTS.

Advarsel fra en engelsk avis omkring år 1895 (væltepeterens tid).



III.3 Dynamolygten

Når du kører om natten, har du brug for lys. Lys er en form for energi, som f. eks. kan "produceres" af en dynamolygte. Systemet du selv - cyklen - dynamo - pære er en typisk kæde af energi-omdannere. Du har allerede set, at du selv omsætter kemisk energi til mekanisk energi med en effektivitet på ca. 23%. I de følgende to øvelser skal du se, hvordan energien videre omdannes fra mekanisk til elektrisk og videre til lysenergi og beregne de tilhørende nyttevirkninger.

III.3.a. Elektrisk energi

Øvelse I denne øvelse skal i finde nyttevirkningen for omsætningen fra mekanisk til elektrisk energi i en dynamo.

I skal bruge en cykel med dynamolygte, et volt- og et amperemeter samt ur, målebånd og vægt. Øvelsen foregår som en kombination af de metoder, der allerede er anvendt i øv. II.2.b (uden timerstrimmel) og øv. III.1.

Find først den totale (rulle)modstand uden dynamo ved at starte cyklen med en kvart pedalomdrejning fra vandret til lodret og derefter måle, hvor langt den kommer inden den standser. Mål vejlængde s , personmasse m_p og pedalarmen r_p .

Beregn rullemodstanden af arbejds-energiligningen:

$$F_r s = m_p g r_p$$

Indsæt resultaterne i skemaet.

$m_p =$	$r_p =$	
	s	F
Uden dynamo		$F_r =$
Med dynamo		$F_d =$

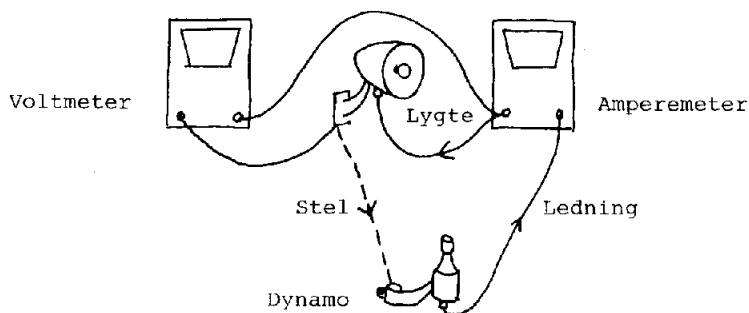
Gentag derefter forsøget med dynamolygten tændt. Dynamoens gnidningsmodstand kaldes F_d . Ligningen skrives nu:

$$(F_r + F_d) s = m_p g r_p$$

Beregn F_d og indsæt i skema.

I det sidste delforsøg opmåler I en 25 - 30 m lang bane. Kald længden for s.

Indsæt volt- og amperemeteret i kredsen som vist:



Voltmeteret måler spændingsforskellen U over pæren og amperemeteret måler strømstyrken gennem pæren. Spænd dem godt fast på styret eller brug en cykelkurv. Sørg for at de er lette at aflæse. Tænd lygten og køр jævnt mellem markeringerne. Aflæs spænding og strøm, mens en anden af jer måler tiden t , som cyklen er om at køre strækningen s. Indsæt i skema og gentag.

$s =$ _____ $F_d =$ _____

t	U	I	N

III.3.a.

Rapport

Dynamoens nyttevirkning ved omsætningen fra mekanisk til elektrisk energi kan nu beregnes som

$$N = \frac{E_{el}}{E_{mek}} = \frac{U I t}{F_d s}$$

Beregn nyttevirkningen. Indsæt i skema.

Er nyttevirkningen hastighedsafhængig? Find middelværdien.

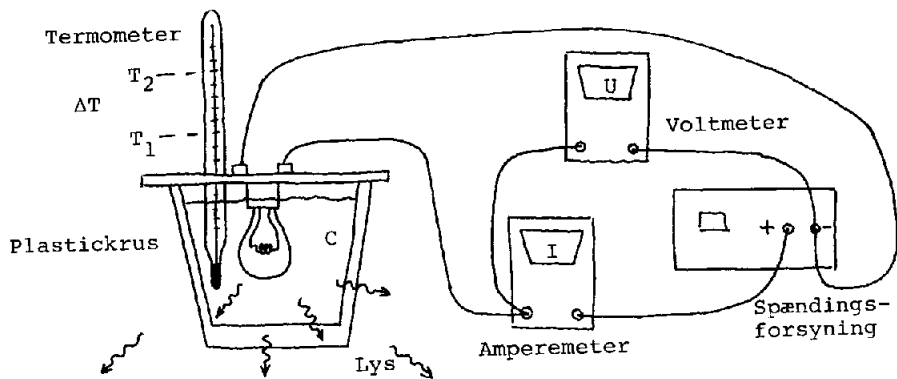
Angiv fejlkilder og usikkerheder.

III.3.b. Lysenergi

Øvelse

For at finde nyttevirkningen af omsætningen fra elektrisk energi til lysenergi kan I benytte et "kalorimeterforsøg". Desværre er en almindelig cykellygte-pære for lille at måle på, så istedet må I bruge en større 6V, 5A - pære. Selve apparatet består af en plade med fatning og pære samt to gennemsigtige plastickrus (kalorimetret). Desuden skal I bruge ur, termometer, volt- og amperemeter.

I første del af forsøget skal I pakke lidt stanniol om pæren, så lyset ikke kan slippe ud. Når pæren er tændt vil al energien blive omsat til varme i systemet, fordi pæren med stanniol virker som et varmelegeme. Sæk pæren ned i bægrene, som skal indeholde en passende mængde vand (så pæren netop er dækket) med en temperatur under stuetemperatur. Mål massen af vandet og temperaturen. Se opstilling på figuren. Tænd for strømmen. Mål tiden t (ca 10 min.), spændingen U (6V) og strømstyrken I .



Når tiden er gået afbrydes strømmen. Vent lidt, rør rundt og mål så temperaturen. Beregn temperaturstigningen ΔT og indfør i skema. Med disse resultater kan I beregne systemets varmekapacitet C .

	T_1	T_2	ΔT	U	I	t
Med stanniol						
Uden stanniol						

III.3.b.

I andet delforsøg skal I fjerne stanniolen, udskifte vandet (samme mængde og temp. som før) og ellers gentage forsøget. I denne opstilling forsvinder en del af den elektriske energi i form af lys mens resten bliver til varme.

Indfør igen resultaterne i skemaet.

Hvis I har tid bør forsøget gentages.

Teori. I første delforsøg beregnes systemets varmekapacitet C ud fra energiligningen:

$$C \Delta T = U I t$$

idet al elektrisk energi bliver til varme.

I andet delforsøg skal du beregne lysenergien E_{lys} som forskellen mellem den tilførte elektriske energi og den udviklede varme:

$$E_{\text{lys}} = U I t - C \Delta T$$

Derefter kan du beregne nyttevirkningen for omsætningen fra el-energi til lys som:

$$N = \frac{E_{\text{lys}}}{E_{\text{el}}} = \frac{E_{\text{lys}}}{U I t}$$

Rapport Beregn C , E_{lys} og N .

Beregn den samlede effektivitet af omsætningen

kemisk energi $\rightarrow$ mekanisk energi $\rightarrow$ elektrisk energi $\rightarrow$ lysenergi

udfra resultaterne af øvelserne III.2.a , III.3.a. og III.3.b.

Angiv nogle fejlkilder til dette forsøg.

OPGAVER

1. Vindmodstanden er givet ved udtrykket

$$F = k A v^2$$

hvor A er arealet og v hastigheden. Angiv enheden for konstanten k . Hvordan, tror du, kan man f. eks. formindske værdien af denne "konstant" ?

2. Med et givet dæktryk kan rullemodstanden skrives som

$$F_r = (a + b \cdot 1/p) m g = c m$$

hvor c kaldes rullemodstandskoefficienten og m er massen. Beregn c når $a = 0,005$, $b = 0,15$ psi og $p = 70$ psi.

3. En cyklist kører i frihjul ned ad en meget lang bakke med hældningsvinklen 3° . Den samlede masse af rytter og cykel er 78 kg.

- a. Opskriv et udtryk for den fremadgående kraft og beregn den.

Koefficienterne for rulle- og vindmodstand er henholdsvis $c = 0,051$ N/kg og $k = 0,55 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{m}}$.

- b. Beregn rullemodstanden.
c. Opstil et udtryk for vindmodstanden idet cyklistens frontareal er $0,38 \text{ m}^2$.
d. Opstil et udtryk for den samlede kraft på cyklisten.
e. Beregn den størst mulige hastighed som cyklisten kan opnå.

4. I en artikel i "Cyklister" nr 5, 1981 står (i uddrag):

Cykling og motion

- hvor anstrengende er den daglige cykeltur?

Af Bodil Nielsen, Gymnastikteoretisk Laboratorium, København

Cykling er god motion, men hvor god den er afhænger af, hvor meget cyklisten anstrænger sig fysisk ved cykelturen. Man kan få et udtryk for, hvor anstrengende et arbejde er ved at måle pulsen under arbejdet, og det er udnyttet ved denne undersøgelse af 11 personers daglige cykeltur.

Formål og metode

Formålet med forsøgene var at bestemme pulsen ved en normal cykeltur til eller fra arbejde, til brug ved vurdering af den fysiske arbejdsbelastning, og desuden at bestemme energiforbruget ved den daglige cykeltur.

Pulsmålingerne blev foretaget ved, at forsøgspersonerne blev for-

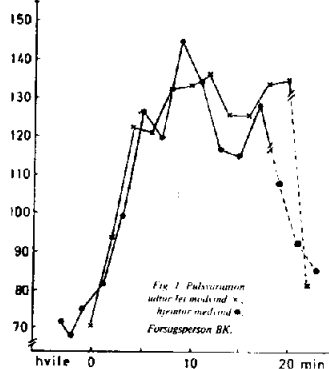
synet med puls-elektroder på brystkassen til afledning af den elektriske aktivitet, som ledsager hjerteslaget (elektrocardiogrammet). Elektroderne blev forbundet til en lille elektronisk tæller, som opsummerede hjerteslagene over 2 minutters perioder og »gemte« dem i en »hukommelse«.

Tabel 1.

	Alder	Antal målin- ger	Tur- længde km	Køretid min	Hast. km/t	Tur puls	$\dot{V}O_2$ ved turpuls
B.H.	26	2	12	25	29	148	2.74
M.J.	29	1	4	14	17	141	-
B.K.	30	2	8	19	25½	128	1.44
B.N.	46	6	15	38	24	141	1.69
P.H.	32	1	6	26	14	127	1.85
E.A.	38	2	22	58	23	100	2.03
J.A.	40	2	11.5	39	18	123	2.17
P.K.	47	2	16	58	16½	127	1.89
J.N.	48	3	15	36	25	140	2.55
P.R.	50	2	11	26	25½	124	2.35
C.B.J.	65	1	4	20	12	119	1.56

$\dot{V}O_2$ = Ålforbrug i liter/minut.

Puls, slag/min



Energiforbrug

Ud fra måling af energiforbruget ved laboratorieforsøg, samt varigheden af cykelturen blev energiforbruget ved cykling beregnet.

Dette er vist i fig. 2, hvor det daglige energiforbrug ved cykling (ud og hjem) er vist ved den skraverede del af søjlen, mens energiforbruget ved stillesiddende arbejde (f.eks. bilkørsel) i samme tid er vist ved den mørke, nederste del af søjlen for 10 forsøgspersoner. Til sammenligning er vist energiindholdet i et halvt stykke med leverpostej, en pilsner og 100 g fedt, evt. taget fra kroppens fedtdepoter!

Konklusion

Som motion betragtet er ethvert arbejde, som kræver energiomsætninger over det, som kræves ved et stillesiddende arbejde, et gode.

Det ser ud til, at 40-60 minutters daglig cykling, med et energikrav svarende til det som opnås ved en hastighed på 18 km pr. time, og derved, foruden at give et bedre alment velbefindende også medfører en nedsat risiko for hjerte/kar-sygdomme.

Med hensyn til træningsvirkning er det dog tvivlsomt om 2 gange 20-60 minutters fysisk aktivitet dagligt med en belastning, der giver en puls mellem 100 og 120, kan fremkalde en væsentlig forbedring i konditionen. For at dette skal opnås må anstrengelsesgraden nok øges yderligere, svarende til en relativ belastning på 60-70% af max. eller en gennemsnits-puls på over 140-150.

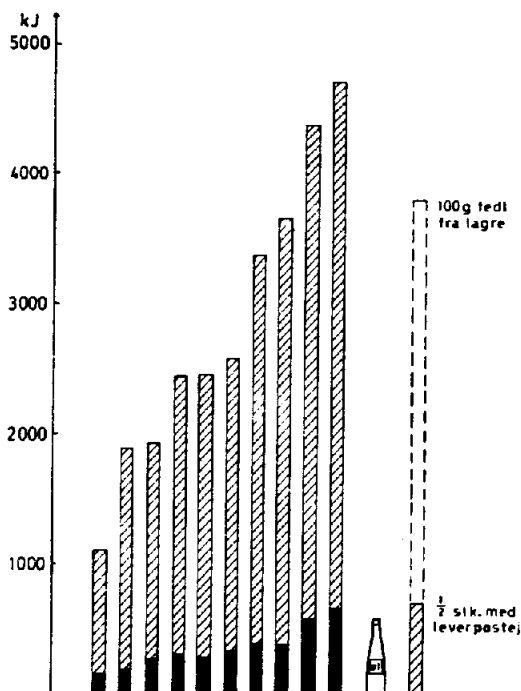
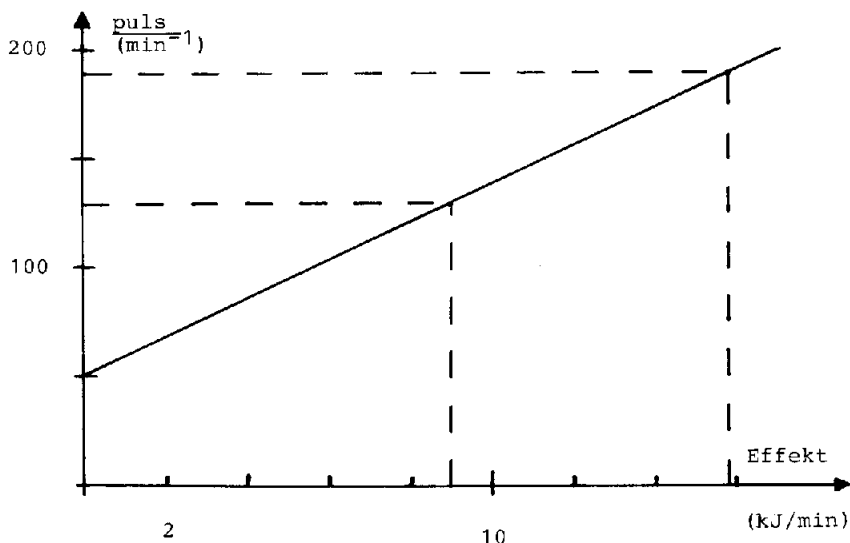


Fig. 2. Energiforbrug ved den daglige cykeltur, ud plus hjem, for 10 personer. Den mørke søjle nederst angiver det energiforbrug, som personen ville have haft i hvile i den tid turen tog. Den skraverede del af søjlen viser det ekstra energiforbrug ved cykling. Til sammenligning energiindhold i én pilsner, ½ stk. leverpostej og i 100 g af legemets fedtdepoter.

- a. Hvad bliver ifølge figur 1 BK's gennemsnitspuls under en tur på 19 min. (bemærk tidsaksens inddeling)
 - b. Passer de nævnte gennemsnitshastigheder (i tabel) for forsøgspersonerne BK, EA og PR ?
 - c. Hvad er gennemsnitshastigheden for alle cyklisterne ?
 - d. Beregn det daglige energiforbrug ved cykling for de tre personer BK, EA og PR, idet det antages at de cykler den nævnte tur både frem og tilbage hver dag. Ilts energetiske værdi er 20,5 kJ/l. Kontrollér resultatet ved at finde de tilsvarende søjler på figur 2.
 - e. Beregn effekten for BK, EA og PR.
 - f. Hvis EA har et hvilestofskifte på 9000 kJ/døgn, hvor stort er så hvilestofskiftet i løbet af den tid de daglige cykelture varer ? Passer det med figur 2 ?
 - g. Eftersis at EA's stofskifte forøges med 46 % på en dag med cykling i forhold til en hviledag.
 - h. Beregn energiforbruget pr. km for de tre personer BK, EA og PR.
5. Figuren viser grafen over puls som funktion af arbejdsintensitet for en cyklist som vejer 70 kg og har maximal pulsfrekvens på 190 min^{-1} .



- a. Aflæs cyklistens maximale arbejdsintensitet.
 - b. Eftervis ved beregning at dette svarer til en energiomsætning på 68,7 kJ/min ved en nyttevirkning på 23 %.
 - c. Idet ilts energetiske værdi er 20,5 kJ/l skal du vise at cyklistens kondital er 48 (ml/min kg).
-
6. Forsøg har vist at et menneske i gennemsnit producerer mekanisk effekt på 75 W pr. 1 O₂ pr. minut optaget i lungerne under cykling. Ilts energetiske værdi er 20,5 kJ/l.
 - a. Beregn nyttevirkingen og den producerede varmemængde pr. minut ved cykling.
 Ved normal cykling svedes denne varmemængde væk. Vands fordampningsvarme er ved 37°C på $242 \cdot 10^4$ j/kg.
 - b. Beregn hvor stor en væskemængde, cyklisten mister i løbet af en times cykling.
 En trænet cyklist kan yde op til 375 W cykelarbejde på en ergometercykel.
 - c. Gentag beregningerne ovenfor med denne effekt.
 Ved cykling på en ergometercykel er det imidlertid umuligt at tabe denne store varmemængde ved svedning. Hvis man ser bort fra andre metoder til varmeafgivelse, så må cyklistens temperatur stige.
 - d. Idet menneskets gennemsnitsvarmefylde er 3,5 kJ/kg K og cyklistens vægt er 70 kg, skal du beregne temperaturforøgelsen pr min.
 - e. Hvor lang tid går der før cyklistens temperatur er steget 2 °C (- og han kollapser).
 Ved kørsel på landevej tabes varmen ved fordampning på grund af fartvinden (se næste opgave).
 7. Ved et forsøg på at bestemme vindmodstanden F som funktion af hastigheden v (jvf. øvelse III.1) benyttedes en plade med arealet $A_p = 20 \cdot 20 \text{ cm}^2$. Funktionsudtrykket for vindmodstanden blev

$$F = 0,023 \frac{N s^2}{m} v^2$$
 - a. Beregn vindmodstanden for $v = 1,3 \text{ m/s}$.
 - b. Det antages at funktionen har formen $F = k A v^2$. Angiv værdien af konstanten k.

Antag at en cyklist har frontarealet $0,40 \text{ m}^2$.

- c. Hvad bliver vindmodstanden på denne cyklist ved hastigheden $5,3 \text{ m/s}$?
- d. Opskriv vindmodstanden som funktion af hastigheden for cyklisten.
- e. Beregn den effekt cyklisten skal yde for at holde en konstant hastighed på $5,3 \text{ m/s}$.
- f. Opstil en funktionsforskrift for effektbehovet som funktion af hastigheden for cyklisten.

Cyklisten udvikler mekanisk effekt med en nyttevirkning på 23% , dvs. at kun 23% af den energi han forbruger anvendes til selve cyklingen. Resten bliver varme.

- g. Opstil en funktionsforskrift for den udviklede varmeeffekt som funktion af hastigheden.
- h. Eftersis at varmeeffekten er på $85,2 \text{ W}$ ved hastigheden $4,8 \text{ m/s}$.
- i. Tegn en graf over den udviklede varmeeffekt som funktion af hastigheden. Vis at grafen går gennem punktet $(v, P) = (10 \text{ m/s}, 770 \text{ W})$.

Et forsøg på at måle den maximalt mulige varmeafgivelse til den omgivende luft fra et vådt legeme med overfladetemperatur 35°C og lufttemperatur 15°C som funktion af vindhastigheden gav følgende resultater:

$v/(\text{m/s})$	3,0	6,0	10,0	15,0	20,0
$Q/(\text{kW/m}^2)$	1,20	1,80	2,62	3,69	4,58

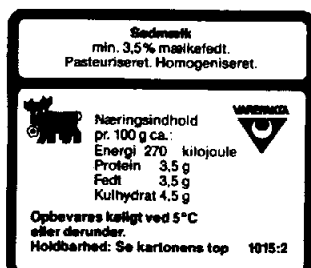
- j. Indtegn disse resultater på det samme grafpapir som før, idet du kan antage at cyklistens totale varmeafgivende areal ligeledes er 1 m^2 (man sveder jo over hele kroppen).
- k. Hvilken hastighed skulle ifølge disse resultater være den maximalt opnåelige for cyklisten ?
- l. Hvad tror du der sker, hvis man cykler hurtigere ?

8. Et skema over nyttevirkninger ved energi-omdannelser ser typisk således ud:

System	Proces	Nyttevirkning
Menneske	kemisk → mekanisk	20 %
Dynamo	mekanisk → elektrisk	80 %
Pære	elektrisk → lys	10 %

Beregn den samlede nyttevirkning i lysudsendelsen for en cyklist med dynamolygte.

9. En dynamos gnidningskraft er på 10,5 N. Ved cykling omsættes arbejdet med at drive dynamoen til elektrisk energi med en nyttevirkning på 80 %.
- a. Hvor langt skal cyklisten køre for at have produceret 1 kWh el-energi ?
- b. Hvis hastigheden er 15 km/h, med hvilken effekt produceres el-energien da ?
- c. Når handelsværdien af 1 kWh er 0,75 kr., hvad er så "timelønnen" for denne form for el-produktion ?
10. I denne opgave skal du benytte nyttevirkningerne fra opgave 8.



- a. Beregn hvor meget brød en cyklist skal fortære for at kunne producere 1 J lys-energi med dynamolygten.
 - b. Beregn hvor meget brød en cyklist skal fortære for at kunne producere 1 kWh el-energi.
Samme spørgsmål for mælk.
 - c. Hvad bliver prisen pr. kWh el-energi produceret på denne måde. Angiv selv dagsprisen på hhv. brød og mælk.
 - d. Hvor mange procent er det over dagsprisen på elektricitet fra elværkerne ?
 - e. Prøv at opskrive alle de omformninger, energien har været igennem fra sin dannelse i Solens indre og indtil den udsendes som lys fra dynamolygten.
-
11. I denne opgave skal du selv angive realistiske talværdier for de størrelser, du benytter i udregningerne.
Antag at en cyklist forbrænder en skive brød og et glas mælk på en cykeltur.
 - a. Hvor langt kan cyklisten komme ?
 - b. Hvad er "brændstof"-prisen pr. kørt km. ?
 - c. Sammenlign med brændstofprisen pr. kørt km. i en almindelig benzindrevet bil.
 - d. Angiv prisen pr km pr kg transporteret masse for både en cyklist og for en bil.

 12. I et kalorimeterforsøg som i øvelse III.3.b. måltesspændingen 6 V, strømstyrken 0,5 A og temperaturstigningen 5°C i løbet af 12 min.
Beregn systemets varmekapacitet.

 13. Et system som vist på figuren til øvelse III.3.b. har varmekapaciteten 950 J/K . Over pæren lægges en spændingsforskel på 5,0 volt og strømstyrken måles til 4,2 A. Efter 8,0 minutter er temperaturstigningen $8,5^{\circ}\text{C}$.
 - a. Beregn den udviklede varmemængde.
 - b. Beregn den afsatte elektriske energi.
 - c. Vis at 20 % af energien har forladt systemet som lys.

LITTERATUR

- F.R.Whitt & D.G.Wilson: Bicycling Science, MIT Press, 1974
- Philip DiLavare: The Bicycle, fra serien "The Physics of Technology" fra American Institute of Physics
- J.Fred Watts: To stop or not to stop - kinematics and the yellow light, The Physics Teacher, feb. 1981.
- Richard Ballantine: Richard's Bicycle Book, Pan Books 1979
- Jens Nørgaard: Cyklisme, bilisme og trafikens politik, Magisterkonferens (eget tryk).
- Heino Døygård: Politikens cykelbog, Politikens forlag.
- John Woodforde: The Story of the Bicycle, Rutledge & Kegan Paul.
- Ib Klausen, Ib Hemmingsen, Birger Rasmussen: Almen idrætsteori, Gymnastikteoretisk laboratorium, 1975.
- Cyklister, medlemsblad for Dansk Cyklist Forbund.

F&K Forlagets bøger

FYSIK OG ENERGISERIEN

Vindenergi og Vindmøller

Finn Elvekjær og Henry Nielsen

Solenergi og Solvarmeanlæg

Frank Bason og Henry Nielsen

Globale energiperspektiver

Poul Martinsen og Henry Nielsen

Energilagring

Niels Bandholm, Johannes Jensen,
Gerhard Offenbergh, Henry Nielsen
og Hans Chr. Rasmussen

KEMI

Jordbundsanalyser

Bjarne Lyders Pedersen

Kompendium i kemi

Kemiopgaver til mK grenen

Redigeret af Flemming Gutheil

DATABOG FYSIK & KEMI

Erik Strandgaard Andersen - Paul Jespersgaard - Ove Grønbæk Østergaard

