

Ideer til studieretningsprojekter med fysik - I

Redaktøren giver her en række ideer som inspiration til studieretningsprojekter med fysik. Listen udbygges løbende med flere ideer og referencer. Man er velkommen til at sende lidt omtale og relevant litteratur og links til redaktøren, hvis man har gode ideer, man gerne vil dele.

Ideer til studieretningsprojekter med fysik og matematik

Om Ideer til studieretningsprojekter med fysik og matematik

GPS og relativitetsteori

Man kan lægge ud med at [regne opgave 6](#) fra olympiadefinalen 2006, og [løsningen er her](#).

Wheeler og Taylor: "Exploring Black Holes" har et godt afsnit hvor man bliver guidet igennem den grundlæggende udregning, som er på et passende niveau for 3.g gymnasieelever.

Beregningen kan udbygges med korrektioner, fx for baneexcentricitet, så man kan komme ind på noget klassisk celestmekanik.

Her er nogle referencer:

- Neil Ashby: "Relativistic Effects in the Global Positioning System", in "Gravitation and Relativity: At the Turn of the Millenium", p. 231, (1998)
- Neil Ashby: "Relativity and Global Positioning System", Physics Today, November (2002)
- Edwin F. Taylor, Johan Archibald Wheeler: "Exploring Black Holes", Addison Wesley Longman (2000)
- L.D. Landau, E.M. Lifshitz: "Mechanics", Pergamon Press (1978)
- Charles Misner: "Precis of General Relativity", Physics Preprint Archive, arXiv, gr-qc/9508043. Web adresse: <http://arxiv.org>
- Neil Ashby: "Global Positioning System: A High-Tech Success", The Industrial Physicist, October/November 2002, American Institute of Physics
- Sam Wormley's Global Positioning System (GPS) Resources, <http://www.edu-observatory.org/gps>

Merkurs periheldrejning

Også et godt projekt fra Wheeler og Taylors bog "Exploring Black Holes".

Gennemregning af periheldrejning klassisk (Newtons beregning) og relativistisk, også historiske aspekter kan inddrages, evt. historiske data+ hvordan det måles med moderne metoder.

Det hele kan holdes på gymnasieniveau.

Kvantiseret ledningsevne, nanotråde og Coulomb blokade

[God artikel om kvantepunktkontakter](#) af Henrik Bruus fra "Naturens Verden" (vol. 9, 31-40 (2000)). Coulombblokada (se [simulator her](#)). Sjov kvantefysik, der ikke behøver være alt for formelt og med et fornuftigt matematikindhold.

Evt. eksperiment på relæ: <http://owwww.phys.au.dk/spm/relay.htm>, se også den generelle beskrivelse af nanotråde: <http://owwww.phys.au.dk/spm/nanotrd.shtm>.

Schrödingerligningen med anvendelser

Her er mange af muligheder for matematik A (differentialligninger), kombineret med moderne fysik. Mulighed for virtuelle forsøg (Physlets osv); kvantebrønde, partikel-bølge dualitet. Se fx <http://www.falstad.com/qm1d/>.

Gode referencer til en start er:

- Scharff: "Kvantemekanik", Akademisk Forlag (1973).
- Staffansson et al.: "Fysik i grundtræk", Munksgaard (1982)
- Freedman og Young: "University Physics", (Addison-Wesley, 12. edition). Kapitel 40 og 41 er på gymnasieniveau.

Luftboblens fysik

Luftbobler i vand kan opføre sig som en harmonisk oscillator og effekten er vigtig i behandlingen af både skibsskruer og ultralydsdiagnostik. Lav en luftboble og hold den nede med et lille net i vandet i et akvarium. Send lydbølger ind og mål resonansen med en mikrofon tilsluttet til et oscilloskop. Her er en stribe referencer til emnet, hvor den anden reference beskriver eksperimentet i detaljer.

- R.P. Godwin and E.J. Chapyak: "Bubble dynamics", Am. J. Phys. 68 (3), 211 (2000)
- V. Leroy, M. Devaud, J.-P. Bacri: "The air bubble: experiments on an unusual harmonic oscillator", Am. J. Phys. 70, (10), 1012 (2002)
- E. Guyon, J.-P. Hulin, L. Petit, C. Matescu: "Physical Hydrodynamics", Oxford University Press, 2001
- H.D. Young, R. Freedman: "University Physics", Addison-Wesley Publishing Co., New York (1999)
- M. Minnaert: "Air bubbles and sounds of running water", Philos. Mag. 16, 235-248 (1933)
- Lord Rayleigh: "On the pressure developed in a liquid during the collapse of a spherical cavity", Philos. Mag. 34, 94-98 (1917)
- "How snapping shrimps snap", [PhysicsWeb article](#)
- D. Lohse: "Bubble puzzles", Physics Today, February 2003
- R. Zare, N. Shafer: "Through a beer glass, darkly", Physics Today, October 1991.

Aerodynamik

Man kan starte med [teoriopgave 3 fra fysikolympiaden i Canberra 1995](#) (løsning [her](#), [gå til opg. 3](#) som er en (lidt for) simpel model for lift.

Ellers er der muligheder for varierende dybde: Fra simple kraftmålinger til mere avanceret teori: http://www.diam.unige.it/~irro/lecture_e.html. Løftkraft og luftmodstand kan desuden udledes ved dimensionsanalyse. Bernoullis ligning. Eksperimentelt står man sig selvfølgelig godt ved at have adgang til en vindtunnel. Nogle referencer:

- John S. Denker: [See how it flies](#) (god kvalitativ artikel, der får fysikken rigtig – en fin ressource)

Helmholtz resonatorer

Hvad bestemmer frekvensen, når man puster hen over en flaske? [Se denne lille artikel](#) og [denne artikel med målinger](#) samt [Wikipedia-opslaget](#). Umiddelbart ikke så omfattende teori, men der kan laves mange varianter af forsøget (vinflasker i forskellige størrelser er gode).

Man kan også inddrage eksempler fra biologien (biofysik).

Betahenfald - eksperimenter og teori

Måling af og teori for beta-spektret. Fermiteori for betahenfald, Kurieplot.

Lagrangepunkter

Trelegemeproblemet er et lidt svært, men interessant emne. Et godt startpunkt er denne fysikolympiadeopgave om [WMAP satellitten](#).

Her er en [fuld gennemregning af problemet](#) (Neil Cornish: "The Lagrange Points") og her er en [større oversigt over hvor Lagrangepunkter er relevante](#). Andre referencer:

- K.R. Symon: "Mechanics", Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1972)
- F.R. Moulton: "An Introduction to Celestial Mechanics", Dover, New York (1970).

Ubåd til Titanic

En kugleformet ubåd (næsten realistisk) skal dykke ned til Titanic. Nedstigning med opdrift, motor og vandmodstand giver en lidt kompliceret differentialligning som kan studeres numerisk vha. Maple eller lignende. Termodynamik for Dieselmotor (Otto-cykel), opvarmning/varmestrøm ud gennem kabine giver overkommelige (koblede) differentialligninger, som dog skal løses numerisk.

Elastikspring med motion sensor og teori uden/med luftmodstand

Eksperimentel undersøgelse (lod i kraftigt gummibånd eller egne forsøg med motionsensor/accelerometer), evt. kan man medtage luftmodstanden og løse differentialligningen numerisk. God, klassisk mekanik, hvor der kan laves fornuftige forsøg.

Rutschebanefysik

Design af rutschebaner. Man kan starte med loop uden gnidning og "bump". Evt. eksperimentelle målinger i Tivolis dæmon eller andre forlystelsesparker med accelerometer eller måske med en

motion sensor på matchboxbane eller simpelthen køre i bil hen over en passende bakke og i sving, udstyret med et accelerometer.

Sving med gnidning og hældende sving og sving med både gnidning og hældning.

Her er nogle gode links:

- <http://www.matematiksider.dk/vejgeometri/vejgeometri.pdf> (omfattende dansk 40-siders note om vejgeometri og rutschebaner, klotoider m.v.)
- <http://physics.gu.se/LISEBERG/eng/pe.html> (roller coaster loop shapes)
- Se også [EMU-temasiden om rutschebanefysik](#).

Radioaktivt henfald: Poissonfordeling, henfaldskæder og datering

God blanding af matematik, fysik og noget eksperimentelt. Måling af Poissonfordeling fra radioaktiv kilde.

Nogle referencer kunne være:

- Kaare Lund Rasmussen: "Kulstof-14 datering", Munksgaards Dimensioner (1994)
- Flemming Topsøe: "Spontane fænomener", Nyt Nordisk Forlag, København 1983

Den specielle relativitetsteori

Sværhedsgraden kan varieres efter behov.

Man kan inddrage eksperimenter med relativistiske korrektioner (elektron diffraktion, betaspektrum) + datamateriale for myonhenfald (er her: <http://www.jlab.org/~cecire/muonlife.html>)

Evt. data fra CERN-eksperimenter eller klassiske relativitetsforsøg. Måling af lysets fart (kræver typisk 100 MHz oscilloscop + passende kit).

Gode referencer på gymnasieniveau:

- Staffansson et al: "Fysik i grundtræk", Munksgaard (1982).
- Mogens Dam: "[Introduktion til den specielle relativitetsteori](#)" (noter).

Se også [EMU-fysik siden om relativitetsteori](#).

Transistoren

Grundlæggende halvlederfysik. Her er også mulighed for at få noget anvendt matematik på banen, herunder differentiaalligninger. Måling af karakteristikker for transistor.

En anden mulighed er et forløb i historie/fysik, en god reference om transistorens historie er:

- [Crystal Fire - The invention of the Transistor and the Birth of the Information Age](#) af Riordan.

Se også det [lille EMU-fysik tema om transistorens 60-års fødselsdag](#).

Gode referencer er

- Ascroft og Mermin: "Solid State Physics", Wiley (1976)
- L. Solymar og D. Walsh: "Electrical Properties of Materials", Oxford University Press (2004)

Fysikken bag roning

[temaside om fysik i bevægelse](#): Her er samlet nogle gode referencer til roning og fysik. Man kan fx måle på modeller i et stort badekar og lave skalering eller måle med motion sensor eller laser ranging på en rigtig konkurrencerobåd, evt. videofilme med passende bøjler placeret. Opbremsning fra vandmodstand, når årenerne løftes giver en differentialligning (v^2 -modstand), som kan løses.

Hvide dværgstjerner

Ved overkommelig kvantemekanik kan man udlede tilstandsligningen for en degeneret elektrongas og stjernemodellen bliver to (simple) koblede differentialligninger, som kan løses numerisk i fx Maple eller i Excel. Her er en [kort oversigtsartikel](#). Herved kan man når man frem til Chandrasekhars grænsemasse. Man kan så gå videre med at studere afkølingen af en hvid dværgstjerne. Eventuel eksperimentel eftervisning af Stefan-Boltzmann's strålingslov. Gode grundlæggende referencer er:

- Shapiro, Teukolsky: "Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars – the Physics of Compact Objects", Wiley (1983), New York.
- Kip S. Thorne: "Black Holes and Time Warps – Einsteins Outrageous Legacy", Picador (1994), New York

Man kan sammenligne teorien med eksperimentelle data fra nettet.

Fysikken bag løb

[EMU fysik i bevægelse](#): Tilsvarende for fysik og løb. J. B. Keller, "A theory of competitive running", Physics Today, 43, Sept. 1973 - en klassisk artikel om den minimalt opnåelige tid for et sprint, senere udbygget til også at omfatte kurveløb. Man kan også studere Usain Bolts 100m-løb (se [plakatopgave fra fysikolympiaden 2008](#)). Måling med motion sensor på fx startende løber og kraftmåler ved afsæt. Der er også mulighed for at studere kinematikken eksperimentelt.

Cykelfysik

www.emu.dk/gym/fag/fy/inspiration/forloeb/cykelfysik/index.html indeholder en del links til klassiske artikler om stabilitet og cykler samt energiforbrug og tider under Tour de France. Evt. forsøg med gyroskopet.

Svingende systemer/Svingninger

Traditionelt gode muligheder for mat/fys, da der er differentiallyigninger i spil. Gode muligheder for eksperimenter. Matematisk pendul, konisk pendul, fysiske penduler, Foucault pendul, torsionspendul, reversionsspendul, Schulerpendul. Bestemmelse af g vha af svingninger. Dæmpede svingninger.

LRC-kredse

Matematikdelen kunne være komplekse tal og 2. ordens differentiallyigninger med konstante koefficienter. Fysikdelen kunne målinger på LRC eller ”byg din egen radio”.

Superledning

Man kan for 2-3 kkr få et ”kit” til eksperimenter med superledere, men det kræver at man har adgang til flydende nitrogen. På EMU findes en større note (mest til læreren), skrevet af Michael Brix Pedersen hvor alle de grundlæggende fænomener (perfekt konduktivitet, Meissner-effekt, fluxkvantisering, Josephson-effekterne udledes på den simplest mulige måde (à la Feynman Lectures)). Kræver noget af den dygtige elev. En god formelfri introduktion til superledning er Per Hedegård: ”Forenede elektroner”, som kan findes på nettet. Se endvidere EMU-fysik siden om superledning.

Raketter

Skrå kast med luftmodstand, idealgasligningen, udstrømning af vand ved affyring. Målinger vha. videooptagelser. Gode links findes på EMU-siden om skrå kast (se specielt ”Dean’s Benchtop” – den er fremragende).

Stød på luftpudebord eller billard

Filmet med videokamera på luftpudebord eller med videokamera ved et rigtigt billardbord Her er til en start olympiadeopgaven ”På Bimses Bodega”. Se fx denne glimrende og meget [udførlige artikel](#) (.pdf), eller kig videre på [denne fine linksamling til billardfysik](#), med [denne generelle indgang](#), hvor man også kan finde fx videoklip – sjovt og meget imponerende.

Det store spring ("skydiving")

På <http://www.redbullstratos.com/the-team/felix-baumgartner/> kan man læse om en Felix Baumgartner, der sprang ud i faldskærm fra 40 km’s højde efter opstigning i en specialbygget ballon. Han opnåede overlydshastighed undervejs. Beregninger og simulationer af ballonopstigning og frit fald med luftmodstand i atmosfære med varierende densitet (giver en interessant differentiallyigning). Man kan på det nævnte site finde data for springet. Se opgave 6, indledende runde i fysikolympiaden 2012 (<http://www.birke-gym.dk/fysik/fysikolympiade-dkindledopg.htm>)

I 1960 sprang den legendariske testpilot Joe Kittinger samme type spring fra 31 km’s højde – det er først overgået med Baumgartners spring: [Se omtale](#), og se også <http://stratocat.com.ar/fichas-e/1960/HMN-19600816.htm> og se endelig [selve springet](#). Og se springet: <http://www.youtube.com/watch?v=1VdSeDqU3EY>