UNDERVISNINGS
MINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Fysik i det 21. århundrede

Læreplan

for skoleåret 2017-18

I læreplanen for Fysik A (stx) indgår et særligt område, "Fysik i det 21. århundrede", der udmeldes i starten af hvert skoleår.

For skoleåret 2017-18 (inkl. prøven i vinterterminen 2018-19) er emnet

Plasmafysik og fusionsenergi

med følgende afgrænsning af det tilhørende kernestof:

Et plasmas elementære egenskaber, herunder

- Idealgasligningen som simpel model af et plasma. Elementær forståelse af fordelingen af partiklernes hastighed i en ideal gas og partiklernes gennemsnitlige kinetiske energi.
- Målinger på et plasma.
- Fusionsprocesser i et plasma og en kvalitativ forståelse af reaktionstværsnit.
- Energiproduktion i plasmaet, herunder fusionsprocessernes effekttæthed, reaktionsrate og reaktivitet.
- Et plasmas elektriske egenskaber, herunder resistivitet for et plasma.

Fusionsenergi

- Opbygningen af en fusionsreaktor med magnetisk indeslutning.
- Metoder til opvarmning af plasmaet i en fusionsreaktor og betingelser for tænding af plasmaet.

Vejledning

Regelgrundlaget for læreplanspunktet "Det 21. århundredes fysik" er læreplanen, der er citeret ovenfor. Derudover stilles denne vejledning til rådighed sammen med et antal vejledende eksempler på eksamensopgaver til den skriftlige prøve. Materialet offentliggøres på ministeriets hjemmeside.

Med byggestart på forsøgsreaktoren "ITER" i Frankrig har forskningen i plasmafysik og fusionsenergi taget et nyt stort skridt, og visionen om fusionsenergi som væsentlig energikilde er igen bragt ind i samfundsdebatten.

Plasmafysik er et aktuelt forskningsemne, og emnet fusionsenergi har et åbenlyst samfundsperspektiv. Dermed kan et forløb om plasmafysik og fusionsenergi imødekomme læreplanens krav om undervisningsforløb med sigte på fysikkens teknologiske og samfundsmæssige perspektiver.

Emnet rummer indenfor kernefysik og elektromagnetisme blot en lille udvidelse af det kernestof, der allerede er omtalt i læreplanen for fysik på A-niveau. Man kan derfor vælge fx at arbejde med kernefysikken med fusionsenergi som gennemgående tema. Et hold kan også vælge at lægge arbejdet med plasmafysik og fusionsenergi sent i året. Ved denne tilrettelæggelse bliver store dele af kernestoffet i kernefysik og elektromagnetisme naturligt repeteret og konsolideret.

Ideale gasser, herunder idealgasligningen, Daltons lov og hastighedsfordeling af partikler i en ideal gas er klassiske undervisningsemner i fysik, men det er udtrykkeligt *ikke* et krav, at disse emner gives en langstrakt og detaljeret gennemgang. Det kan et hold *vælge* at gøre, og det tæller da som supplerende stof. Emnerne er nævnt, fordi en grundlæggende forståelse og øvelse i at bruge eksempelvis idealgasligningen er nødvendig for at kunne forstå det videre arbejde med plasmafysik. Hastighedsfordelingen af plasmaets partikler behandles på et kvalitativt niveau, dvs. grafisk; eleverne skal ikke kunne regne på hastighedsfordelingen.

De centrale punkter i emnet plasmafysik er punkterne om selve fusionsprocesserne og energiproduktion, herunder reaktionstværsnit samt begreberne effekttæthed, reaktionsrate og reaktivitet og deres indbyrdes relation. Eleverne skal have et grundlæggende kendskab til disse begreber og kunne udføre enkle beregninger med dem, men de skal ikke detaljeret kunne regne på reaktionstværsnit eller beregne reaktiviteter som integraler ud fra en hastighedsfordeling. Afstemning af reaktionsligninger og beregning af Q-værdi ud fra kernemasser er allerede kernestof på A-niveau.

Eleverne skal lære om plasmaets elektriske egenskaber, herunder dets resistivitet, og om dets opførsel i et magnetfelt. De skal have et grundlæggende kendskab til vanskeligheder, der er med at etablere og opretholde fusionsprocesser i et plasma, og kende tokamakken som et eksempel på, hvordan man kan forsøge at indeslutte plasmaet. Den detaljerede konstruktion af B-feltet i en tokamak er ikke kernestof. Måling af temperatur eller andre karakteristiske egenskaber for plasmaet omtales.

Emnet er begrænset til fusion i forbindelse med fusionskraftværker, ikke i stjerner.

Supplerende og perspektiverende stof kan fx være laserfusion, brintbomben, processer i stjerners indre, fusionsenergi som mulig fremtidig energikilde. Det er emner, som elever selv kan udforske på nettet, præsentere for hinanden, lave posterfremlæggelser over eller på lignende vis arbejde selvstændigt med. Det er også naturligt at arbejde med et eller flere af de internationale forskningsprojekter indenfor fusion som fx JET eller ITER.

Egenskaberne for magnetiske felter i spoler kan undersøges eksperimentelt, og der er også nogle enkle demonstrationseksperimenter at vise om plasma, fx "Jakobsstigen" og plasmadannelse i en mikrobølgeovn. Virtuelle eksperimenter som fx det, der ses på hjemmesiden http://ippex.pppl.gov/#vt kan også støtte teoriindlæringen.