



## **Fysik i det 21. århundrede** skoleåret 2012-2013

I læreplanen for Fysik A (stx) indgår i kernestoffet et særligt område *Fysik i det 21. århundrede*, der udmeldes hvert skoleår før starten af undervisningen i 3.g.

For skoleåret 2012-2013 (inkl. prøven i vinterterminen 2013-2014) er emnet

### **UNIVERSETS BYGGESTEN** **- MODERNE PARTIKELFYSIK**

med følgende afgrænsning af det tilhørende kernestof:

- Standardmodellen, dens tre familier og fundamentale partikler
- Vekselvirkninger og virtuelle kraftformidlende partikler
- Bevarelsesætninger for baryontal, leptontal, farveladning, flavour
- Simple reaktioner mellem partikler, herunder dannelse og henfald af partikler
- Typer af partikler: hadroner, baryoner, mesoner og leptoner  
Bosoner, fermioner og deres spin
- Anvendelse af speciel relativitetsteori i partikelfysikken, specielt relativistisk bevægelsesmængde og energi
- Partikelfysikkens værktøjer med fokus på acceleratore og spordannelse i detektorer

### **Vejledning**

Den moderne partikelfysik tager udgangspunkt i den såkaldte standardmodel, hvor alt stof er opbygget af leptoner og kvarker, inddelt i tre familier. Indbygget i standardmodellen er den elektromagnetiske, den svage og den stærke vekselvirkning, formidlet af virtuelle partikler, fx fotoner for den elektromagnetiske kraft. Det vil være naturligt at nævne Higgs partiklen, hvis eksistens man i disse år er tæt på at påvise med LHC'en i CERN.

Eleverne skal kende de grundlæggende kategorier af partikler, herunder regler for kvarksammensætningen af baryoner og mesoner samt deres antipartikler. Databogen giver en god oversigt over egenskaber for de mest almindelige partikler. Et fint supplement findes på denne hjemmeside: <http://www.thingsmadethinkable.com/index/physics.php>.

Eleverne skal kende begrebet farveladning, som sammen med andre aspekter af partiklernes kvarksammensætning kan behandles med anvendelse af "puslespillet" Workbench, se [http://eddata.fnal.gov/lasso/quarknet\\_g\\_activities/detail.lasso?ID=1004](http://eddata.fnal.gov/lasso/quarknet_g_activities/detail.lasso?ID=1004).

Eleverne skal kunne løse problemer med simple reaktioner mellem partikler ved hjælp af bevarelse af energi, bevægelsesmængde og ladning samt de diskrete størrelser baryontal, leptontal og flavour.



Opgaverne ved den skriftlige prøve forudsætter, at eleverne har adgang til Databogens oplysninger om partikler. Andre partiklers egenskaber introduceres i opgaveteksten.

Ved beregninger i partikelfysikken vil det oftest være nødvendigt at bruge relativistisk formler, fx den fundamentale sammenhæng mellem energi, bevægelsesmængde og masse. I den forbindelse skal energien for en partikel altid forstås som den relativistiske energi, ligesom bevægelsesmængden regnes relativistisk. Som det er tradition i partikelfysikken anvendes gerne særlige enheder, MeV for energi, MeV/c for bevægelsesmængde og MeV/c<sup>2</sup> for masse, og mange beregninger gennemføres lettest med disse enheder.

Eleverne skal kende de to referencesystemer, laboratoriesystemet og hvilesystemet, herunder sammenhængen mellem tidsrum og afstand i disse to systemer. Der vil næppe være tid til at inkludere et sammenhængende forløb i relativistisk mekanik. Antallet af relativistiske formler må holdes på et minimum og i de fleste tilfælde anvendes uden eller med en simpel begrundelse.

I direkte forlængelse af arbejdet med elektriske og magnetiske felter kan man introducere de almindeligste former for accelerators, som blandt andet omfatter lineære og cirkulære accelerators opbygget med fast target eller som collidere. Eleverne kender allerede GM-røret som en detektor i kernefysikken og har måske også mødt et tågekammer, som er historisk interessant i partikelfysikken ligesom fx den fotografiske emulsion og boblekammeret. Fokus må dog være på den moderne detektor, som typisk er opdelt i 3 – 4 lag: Inderst en spordetektor, dernæst kalorimetre, som kan være opdelt i elektromagnetisk og hadronisk, og yderst myondetektorer. Som et særligt værktøj i arbejdet med energirige partikler kan man komme ind på den kosmiske stråling, ikke mindst af neutrinoer.

Det vil være naturligt at inddrage enkelte elementer af partikelfysikkens historie, som i over 100 år har været fyldt med spektakulære eksperimentelle opdagelser med top-avanceret udstyr, vekslende med nærmest revolutionerende teorier og modeller. En egentlig historisk tilgang er dog ikke tilrådelig, hovedvægten må ligge på partikelfysikken i det 21. århundrede.

Mange vil vælge at introducere eleverne til Feynman diagrammer, som kan være et fint pædagogisk redskab i arbejdet med reaktioner i partikelfysikken. Men det er ikke et krav, at eleverne skal kende og kunne anvende Feynman diagrammerne som et særligt værktøj til analyse af reaktioner.

Vejledende eksempler på opgaver til den skriftlige prøve i fysik indenfor området Fysik i det 21. århundrede er offentliggjort på ministeriets hjemmeside.

Martin Schmidt  
Fagkonsulent i fysik (stx) og astronomi  
[martin.schmidt@uvm.dk](mailto:martin.schmidt@uvm.dk)