ÖVNING 5.

Övning 5 anknyter till kapitel 39 och 40 i Serway.

I ett försök att höja kursens kulturella nivå inleder vi med ett par kända litterära citat angående fysikens framsteg:

Nature and Nature's laws lay hid in night:
God said: "Let Newton be!" and all was light.
– Alexander Pope

It did not last: The Devil howling, "Ho!
Let Einstein be!" restored the status quo.
– Sir John Squire

Inspiration kan också hämtas från följande limerick om tidens relativitet:

There was a young lady named Bright,
Whose speed was far faster than light.
She went out one day
In a relative way
And returned on the previous night!
– Reginald Buller

Mål för övningen

Du skall känna till de grundläggande antagandena i speciell relativitetsteori och förstå hur de leder till att begreppet samtidighet och därmed hela tidsbegreppet måste omprövas.

Du skall känna till fenomenen tidsdilatation och längdkontraktion.

Du skall också känna till sambandet mellan energi och massa.

Du skall känna till grunddragen i Bohrs atommodell och med den som utgångspunkt kunna räkna på atomära spektra.

Praktiska, vetenskapliga och tekniska tillämpningar som anknyter till denna övning

Satellitnavigationssystem.

Partikelacceleratorer.

Kärnreaktorer.

Spektralanalys.

Lösta exempel i kapitel 39 och 40 att begrunda i anslutning till övning 5

Exempel 39.1:	Svängningstid för pendel.
Exempel 39.2:	Tidsdilatation som ursäkt för sen ankomst.
Exempel 39.3:	Längdkontraktion för ett rymdskepp.
Exempel 39.4:	Längdkontraktion för en bil.
Exempel 39.7:	Relativ hastighet för två rymdskepp.
Exempel 40.6:	Elektronövergångar i väteatomen.
Exempel 40.7:	Balmerserien för väte.

När du tränar på att lösa problem rekommenderas i första hand följande uppgifter i kap 39 och 40

Question 39.1:	Hastigheter som olika observatörer kan enas om.
Question 39.10:	Ljus från kvasarer.
Question 40.9:	Klassisk väteatom.
Question 40.10:	Jonisering av väteatom.
Question 40.12:	Vad menas med att väteatomens energi är negativ?
Problem 39.5:	Längdkontraktion.
Problem 39.6:	Tidsdilatation.
Problem 39.10:	Resa till Alfa Centauri.
Problem 39.13:	Myoner i jordens atmosfär.
Problem 40.1:	Ögat.
Problem 40.41:	Bohratom i första exciterade tillståndet.
Problem 40.43:	Utsänd foton från väteatom.
Problem 40.44:	Jonisering av väteatom.

Uppgifter under övningen

<u>Uppgift 1</u>

Det sägs att Albert Einstein som tonåring funderade på följande hypotetiska fråga: ”Vad ser jag i en spegel om jag håller den framför mig och springer med ljusets hastighet?” Diskutera frågan! Går det att besvara den? Vad skulle man se i spegeln om man kunde springa med en hastighet mycket nära ljusets, t.ex. 0,999999c?

<u>Uppgift 2</u>

I Dava Sobels bok ”Longitud” berättas om de svårigheter forna tiders sjöfarare hade att fastställa sin position innan de fick tillgång till pålitliga kronometrar som visade GMT (Greenwich Mean Time) var man än befann sig. Man kan tänka sig att framtida interstellära rymdresenärer kommer att ha liknande behov. Låt oss anta att man för den skull här och var i galaxen placerar ut fasta rymdstationer innehållande mycket exakta klockor, som alla samtidigt sänder ut en tidssignal i form av en ljusblixt precis kl. 00.00 GMT. Att stationerna är ”fasta” innebär att deras rörelser relativt jorden är försumbara eller på något sätt kompenserade.

(a) Hur skall man bära sig åt för att synkronisera dessa klockor? Även om de går rätt när de skickas iväg från jorden kan de inte förutsättas gå rätt när de kommer fram till sin destination, eftersom deras gång kan påverkas av rörelsen under transporten.

(b) Antag att det finns en sådan station i närheten av Sirius och en annan i närheten av jorden. Om en rymdfarkost råkar befinna sig mitt emellan Sirius och jorden når tids-signalerna från de båda stationerna fram till farkosten precis samtidigt, eftersom de utsänds samtidigt och har lika lång sträcka att gå. Det är åtminstone så som en observatör på jorden skulle beskriva saken. En observatör ombord på rymdfarkosten skulle inte nödvändigtvis instämma. Om farkosten är i rörelse från Sirius mot jorden när signalerna uppfångas skulle observatören ombord tvärtom kunna hävda att signalerna visserligen togs emot samtidigt men ingalunda utsändes samtidigt. Förklara hur han resonerar! Vilken av signalerna utsänds först enligt hans uppfattning?

(c) Observatörerna på jorden och rymdfarkosten har alltså olika uppfattningar. Den ene anser att signalerna utsändes samtidigt, den andre anser att de inte utsändes samtidigt. Kan någon av dem anses ha mera rätt än den andre? Varför eller varför inte?

<u>Uppgift 3</u>

Navigationssystemet GPS (även kallat NAVSTAR) baseras på ett antal satelliter som utsänder radiosignaler med vissa bestämda frekvenser. Signalerna styrs av mycket precisa atomklockor, vilket betyder att frekvensvariationerna är mycket små, av storleksordningen $2\cdot10^{-12}$ (siffran avser den relativa osäkerheten $\Delta f/f$).

Ett flygplan som utnyttjar GPS-systemet bestämmer sin position genom att ta emot signaler från flera olika satelliter. Flygplanets hastighet bestäms med hjälp av Dopplerskiftet hos signalerna. Vi avstår här från att gå igenom teorin för Dopplerskift utan nöjer oss med att konstatera att osäkerheten Δv i hastighetsbestämningen ges av uttrycket

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Delta f}{f}} v_s$$

där v_s är satellitens hastighet, som är omkring $1{,}0\cdot10^4$ m/s. Med ovannämnda värde på $\Delta f/f$ ger detta en osäkerhet i hastighetsbestämningen på 1,4 cm/s, vilket under en timmas flygtid kan ge en avvikelse i slutläge på högst 50 m. Helt acceptabelt!

Fråga: Behöver man vid hastighetsbestämningen ta hänsyn till relativistiska korrektioner, eller är dessa så små att de drunknar i klockans egen osäkerhet Δf? Undersök detta genom att uppskatta hur stort felet i flygplanets hastighet blir om man inte tar hänsyn till relativitetsteorin.

<u>Uppgift 4</u>

I vanligt väte utgörs atomkärnan av en ensam proton, men det finns också två tyngre isotoper, där kärnan består av en proton och en neutron (deuterium) eller en proton och två neutroner (tritium).

(a) Kan man se någon skillnad i atomära spektra mellan dessa olika former av väte?

(b) Tritiumkärnan är radioaktiv och kan genom β-sönderfall omvandlas till en heliumkärna (isotopen He_3), vilket betyder att tritiumatomen plötsligt blir en positivt laddad heliumjon. På vilket sätt skiljer sig heliumjonens spektrallinjer från tritiumatomens?