

# Läsning om IPhO-stoffet

16 februari 2018 (version 1.12)

Nedan listas IPhO-syllabusen (i rutor, hämtat från <http://ipho.org/syllabus.html>) och tillhörande avsnitt i Young och Freedman (YF), 14:e upplagan (2016).

Materialet skrevs från början för olympiadlaget, men kan kanske också vara till hjälp om man vill förbereda sig inför teorifinalen i Wallenbergs fysikpris (eller bara tycker det är kul med fysik).

När man ser hur omfattande IPhO-stoffet är så är det lätt att bli förskräckt. **BLI INTE DET!** Tänk på att IPhO-stoffet inte på långa vägar täcks av de svenska gymnasiekurserna, även om man från Fy 1 och 2 bör ha med sig de viktigaste grundbegreppen (som rörelsemängd, elektriska fält etc.). Att läsa in sig på hela stoffet skulle i princip innebära att man tillgodogör sig en universitetsgrundkurs i fysik. För framgång i IPhO behöver man dessutom öva mycket på att lösa problem, och bli riktigt räknesäker. Detta är det inte någon som begär av dig. Gör så mycket du tycker är roligt!

**Uppdatering 2015:** På IPhO 2014 beslutades om förändringar i syllabusen. Det material som står överstruket på syllabusen (se <http://ipho.phy.ntnu.edu.tw/syllabus.html>) är innehåll som *inte* röstades igenom och alltså *inte* ingår (men det skadar förstås inte att lära sig delar av det ändå). Den röda texten är helt nytt material och den gröna är sånt som varit med på tidigare olympiader trots att det inte täcktes av syllabusen då heller. I detta häfte har denna överstrukna text inte tagits med, vilket gör att rubrikindexeringen kan se lite konstig ut.

**Uppdatering 2016:** I den nya (14:e) upplagan av YF har en del uppgifter som fanns i 13:e upplagan tagits bort. Dessa finns inscannade nedan.

**Uppdatering 2018:** Vid omnumreringen av uppgifterna när vi bytte från 13:e till 14:e upplagan av Young och Freedman smög det sig in några fel som nu har rättats till.

De rekommenderade övningarna nedan hänvisar till YF och till ett häfte med extra övningar (finns på <http://www.fysikersamfundet.se/ipho/>).

## 1. Introduction

Denna del av syllabusen innehåller allmänna anvisningar till arrangören.

## 2. Theoretical skills

Denna del av syllabusen listar det stoff som IPhO-uppgifter kan innehålla.

### 2.2 Mechanics

När det gäller rörelse för punktmassor är förhoppningsvis ganska mycket bekant sedan gymnasiekurserna. Men var observant, det går att göra ordentligt svåra problem utifrån den här egentligen ganska begränsade verktygslådan. I gymnasiefysiken brukar man inte skilja mellan punktpartiklar och partikelsystem, utan man räknar utan vidare på de senare (till exempel i form av en fotboll) som om de vore punktpartiklar. Roterande stela kroppar ingår inte i gymnasiekurserna. Här finns alltså antagligen en del som är nytt!

Observera att det finns många analogier mellan linjär rörelse och rotationsrörelse; se tabell 9.1 på s. 303 för en jämförelse.

#### 2.2.1 Kinematics

Velocity and acceleration of a point particle as the derivatives of its displacement vector. Linear speed; centripetal and tangential acceleration. Motion of a point particle with a constant acceleration. Addition of velocities and angular velocities; addition of accelerations without the Coriolis term; recognition of the cases when the Coriolis acceleration is zero. Motion of a rigid body as a rotation around an instantaneous center of rotation; velocities and accelerations of the material points of rigid rotating bodies.

- YF: 1.7–1.8 Om vektorer och lägesbeskrivning med vektorer
- YF: 1.9–1.10 Mer om vektorer (vektorprodukter)
- YF: 2.1–2.6 Endimensionell rörelse

Antagligen mestadels repetition av gymnasiefysiken.

- YF: 3.1–3.2 Om att beskriva hastighet och acceleration i flera dimensioner med vektorer
- YF: 3.3 Beskrivning av kaströrelse
- YF: 3.4 Beskrivning av cirkelrörelse
- YF: 3.5 Relativ rörelse
- YF: 9.1–9.2 Vinkelhastighet och vinkelacceleration
- ??: Coriolisacceleration, momentancentrum
- YF: 9.3 Hastighet och acceleration hos punkter i roterande kroppar

Här är  $v = r\omega$  en mycket viktig formel att komma ihåg, där  $r$  är avståndet från rotationsaxeln. För en kropp (typiskt cylinder eller sfär) som rullar utan att glida kommer kontaktpunkten med underlaget att vara momentant i vila och kroppen roterar runt denna; punkten kallas *momentancentrum*. Formeln  $v = r\omega$  är ett villkor för rullning utan glidning, där  $v$  i detta fall betecknar masscentrums fart relativt kontaktpunkten.

**Övningar:** 3.41, 3.57, 3.79 i YF13 (se nedan), 3.80, M1, M2, M3

**79 • CALC Cycloid.** A particle moves in the  $xy$ -plane. Its coordinates are given as functions of time by

$$x(t) = R(\omega t - \sin \omega t) \quad y(t) = R(1 - \cos \omega t)$$

where  $R$  and  $\omega$  are constants. (a) Sketch the trajectory of the particle. (This is the trajectory of a point on the rim of a wheel that is rolling at a constant speed on a horizontal surface. The curve traced out by such a point as it moves through space is called a *cycloid*.) (b) Determine the velocity components and the acceleration components of the particle at any time  $t$ . (c) At which times is the particle momentarily at rest? What are the coordinates of the particle at these times? What are the magnitude and direction of the acceleration at these times? (d) Does the magnitude of the acceleration depend on time? Compare to uniform circular motion.

## 2.2.2 Statics

Finding the center of mass of a system via summation or via integration. Equilibrium conditions: force balance (vectorially or in terms of projections), and torque balance (only for one- and two-dimensional geometry). Normal force, tension force, static and kinetic friction force; Hooke's law.

- YF: 8.5 Masscentrum av partikelsystem
- ?? Masscentrum via integrering.
- YF: 4.1 Om krafter och resultantbestämning
- YF: 4.2 Newtons första lag
- YF: 5.1 Jämvikt för punktmassor; normalkraft och spännkraft
- YF: 10.1 Vridmoment
- YF: 11.1–11.3 Jämvikt för stela kroppar
- YF: 5.3 Friktionskraft
- YF: 7.2 Hookes lag

**Övningar:** 11.13, 11.59 i YF13 (se nedan), M4, M5

**59 \*\*** A uniform strut of mass  $m$  makes an angle  $\theta$  with the horizontal. It is supported by a frictionless pivot located at one-third its length from its lower left end and a horizontal rope at its upper right end. A cable and package of total weight  $w$  hang from its upper right end. (a) Find the vertical and horizontal components  $V$  and  $H$  of the pivot's force on the strut as well as the tension  $T$  in the rope. (b) If the maximum safe tension in the rope is 700 N and the mass of the strut is 30.0 kg, find the maximum safe weight of the cable and package when the strut makes an angle of  $55.0^\circ$  with the horizontal. (c) For what angle  $\theta$  can no weight be safely suspended from the right end of the strut?

### 2.2.3 Dynamics

Newton's second law (in vector form and via projections (components)).

- YF: 4.3 Newtons andra lag
- YF: 4.4 Om skillnaden mellan massa och tyngd
- YF: 4.5 Newtons tredje lag
- YF: 4.6 Om vikten av att rita korrekta kraftfigurer
- YF: 5.2 Tillämpningar av Newtons andra lag
- YF: 5.4 Cirkelrörelse

Figurerna 5.6 (s. 160) och 5.30 (s.175) varnar för att använda tröghetskrafter. Om man väljer att använda ett accelererande koordinatsystem kan det dock vara praktiskt att göra det, men det gäller att veta vad man håller på med. Man kan då göra dynamikproblem till statikproblem. Se mer i nästa avsnitt.

**Övningar:** 5.107, 5.113, 5.114

Kinetic energy for translational and rotational motions. Potential energy for simple force fields (also as a line integral of the force field). Momentum, angular momentum, energy and their conservation laws. Mechanical work and power; dissipation due to friction. Inertial and non-inertial frames of reference: inertial force, centrifugal force, potential energy in a rotating frame. Moment of inertia for simple bodies (ring, disk, sphere, hollow sphere, rod), parallel axis theorem; finding a moment of inertia via integration.

- YF: 6.1 Arbete
- YF: 6.2 Kinetisk energi för punktmassor
- YF: 6.3 Arbete som integral
- YF: 6.4 Effekt
- YF: 7.1–7.2 Potentiell energi
- YF: 7.3 Förluster genom friktion
- YF: 8.1–8.4, 8.6 Rörelsemängd
- YF: 9.4 Kinetisk energi för stela kroppar; tröghetsmoment
- YF: 10.2–10.3 Newtons andra lag för rotation
- YF: 10.4 Arbete och effekt för rotation
- YF: 10.5–10.6 Rörelsemängdsmoment
- ??: Accelererande koordinatsystem: tröghetskrafter, potentiell energi
- YF: 9.5-9.6 Beräkning av tröghetsmoment

Här förväntas ni lära er några specialfall utantill, se Tabell 9.2, s. 310

**Övningar:** 10.67, 10.69, 10.92, M6, M7, M8

## 2.2.4 Celestial mechanics

Law of gravity, gravitational potential, Kepler's laws (no derivation needed for first and third law). Energy of a point mass on an elliptical orbit.

- YF: 13.1–13.2 Gravitationslagen
- YF: 13.3 Potentiell energi i gravitationsfält
- YF: 13.5 Keplers lagar
- ?: Energi för en punktmassa på en elliptisk bana.

**Övningar:** 13.35, 13.61, 13.81

## 2.2.5 Hydrodynamics

Pressure, buoyancy, continuity law.

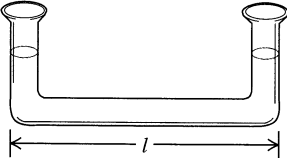
Här känns förhoppningsvis mycket igen, men kontinuitetsvillkoret är inget man brukar ta upp i gymnasiet, och kan innebära lite nytt tänkande.

- YF: 12.2 Tryck
- YF: 12.3 Lyftkraft
- YF: 12.3 Ytspänning
- YF: 12.4–12.5 Kontinuitetsvillkoret och Bernoullis ekvation

**Övningar:** 12.85 i YF13 (se nedan), 12.87 i YF13 (se nedan), 12.77

**85 • CP CALC A** U-shaped tube with a horizontal portion of length  $l$  (Fig. P85) contains a liquid. What is the difference in height between the liquid columns in the vertical arms (a) if the tube has an acceleration  $a$  toward the right and (b) if the tube is mounted on a horizontal turntable rotating with an angular speed  $\omega$  with one of the vertical arms on the axis of rotation? (c) Explain why the difference in height does not depend on the density of the liquid or on the cross-sectional area of the tube. Would it be the same if the vertical tubes did not have equal cross-sectional areas? Would it be the same if the horizontal portion were tapered from one end to the other? Explain.

Figure **P85**



The diagram shows a U-shaped tube with a horizontal section of length  $l$ . The tube is partially filled with liquid. The liquid levels in the two vertical arms are shown to be at different heights. A double-headed arrow below the horizontal section indicates its length  $l$ .

**87** CP CALC An incompressible fluid with density  $\rho$  is in a horizontal test tube of inner cross-sectional area  $A$ . The test tube spins in a horizontal circle in an ultracentrifuge at an angular speed  $\omega$ . Gravitational forces are negligible. Consider a volume element of the fluid of area  $A$  and thickness  $dr'$  a distance  $r'$  from the rotation axis. The pressure on its inner surface is  $p$  and on its outer surface is  $p + dp$ . (a) Apply Newton's second law to the volume element to show that  $dp = \rho\omega^2 r' dr'$ . (b) If the surface of the fluid is at a radius  $r_0$  where the pressure is  $p_0$ , show that the pressure  $p$  at a distance  $r \geq r_0$  is  $p = p_0 + \rho\omega^2(r^2 - r_0^2)/2$ . (c) An object of volume  $V$  and density  $\rho_{\text{ob}}$  has its center of mass at a distance  $R_{\text{cmob}}$  from the axis. Show that the net horizontal force on the object is  $\rho V \omega^2 R_{\text{cm}}$ , where  $R_{\text{cm}}$  is the distance from the axis to the center of mass of the displaced fluid. (d) Explain why the object will move inward if  $\rho R_{\text{cm}} > \rho_{\text{ob}} R_{\text{cmob}}$  and outward if  $\rho R_{\text{cm}} < \rho_{\text{ob}} R_{\text{cmob}}$ . (e) For small objects of uniform density,  $R_{\text{cm}} = R_{\text{cmob}}$ . What happens to a mixture of small objects of this kind with different densities in an ultracentrifuge?

## 2.3 Electromagnetic fields

Grunderna känns förhoppningsvis igen från gymnasiekurserna, men här tas den matematiska beskrivningen ett steg längre. Gauss lag innebär premiär för *ytintegraler*. Enkla ytintegraler kan dock lösas med samma tänk som när man står inför att integrera konstanta funktioner, och är inget att vara rädd för. (Mer komplicerade ytintegraler kräver dock lite kunskaper i flervariabelanalys, men det ligger utanför IPhO-stoffet.)

### 2.3.1 Basic concepts

Concepts of charge and current; charge conservation and Kirchhoff's current law. Coulomb force; electrostatic field as a potential field; Kirchhoff's voltage law.

- YF: 21.1 Laddning och laddningens bevarande
- YF: 25.1 Ström
- YF: 26.1–26.2, Kirchhoffs lagar, parallell- och seriekoppling av motstånd
- YF: 21.3 Coulombs lag
- YF: 21.4, 21.6 Grunderna om elektriska fält
- YF: 21.5, Hur elektriska fältet kan beräknas i några olika fall
- YF: 23.1 Potentiell energi i elektriska fält
- YF: 23.2–23.3 Elektrisk potential, från fält till potential
- YF: 23.4 Från potential till fält
- YF: 21.7 Elektriska dipoler

Står inte tydligt med i syllabusen, men dipoler är ändå viktigt att kunna. Notera likheten med magnetiska dipoler.

**Övningar:** 21.67 i YF13 (se nedan) (läs våglära först), 21.62, 21.79, 21.85, 21.97

**67** \*\*  $\mathbb{P}$  Two positive point charges  $Q$  are held fixed on the  $x$ -axis at  $x = a$  and  $x = -a$ . A third positive point charge  $q$ , with mass  $m$ , is placed on the  $x$ -axis away from the origin at a coordinate  $x$  such that  $|x| \ll a$ . The charge  $q$ , which is free to move along the  $x$ -axis, is then released. (a) Find the frequency of oscillation of the charge  $q$ . (*Hint:* Review the definition of simple harmonic motion. Use the binomial expansion  $(1 + z)^n = 1 + nz + n(n - 1)z^2/2 + \dots$ , valid for the case  $|z| < 1$ .) (b) Suppose instead that the charge  $q$  were placed on the  $y$ -axis at a coordinate  $y$  such that  $|y| \ll a$ , and then released. If this charge is free to move anywhere in the  $xy$ -plane, what will happen to it? Explain your answer.

Magnetic B-field; Lorentz force; Ampère's force; B-field on the axis of a circular current loop and for simple symmetric systems like straight wire, circular loop and long solenoid.

- YF: 28.1–28.3 Magnetfält kring laddad partikel i rörelse och kring ström

- YF: 27.2, 27.4–27.5 Magnetisk kraft på laddad partikel i rörelse, Lorentz-kraft
  - ( YF: 27.3 Magnetiskt flöde)
  - YF: 27.6–27.7 Magnetisk kraft på strömförande ledare, magnetiska dipoler
  - YF: 28.1–28.3 Magnetfält kring laddad partikel i rörelse och kring strömförande ledare
- Biot-Savarts lag ingår inte i syllabusen men det är nog inte fel att kunna den ändå.
- YF: 28.4 Kraft mellan parallella ledare (Ampères kraft)
  - YF: 28.5 Magnetfält runt en cirkulär strömslinga
  - YF: 28.7 Ex. 28.9. Magnetfält i en lång spole

**Övningar:** 27.75, 27.82

### 2.3.2 Integral forms of Maxwell's equations

Gausslaw (for E-and B-fields); Ampère's law; Faraday's law.

- YF: 22.1–22.3, 24.6 Gauss lag
  - YF: 22.4 Om hur Gauss lag kan användas för att beräkna elektriska fältet i några olika fall
  - YF: 28.6–28.7 Ampères lag
- Nu gör *linjeintegraler* intåg!
- YF: 27.3 Magnetiskt flöde
  - YF: 29.1–29.2, 29.4–29.5 Induktionslagen

**Övningar:** 22.39, 23.61, 28.43, 28.47 i YF13 (se nedan), 29.61, E1

**47** \* A long, straight, cylindrical wire of radius  $R$  carries a current uniformly distributed over its cross section. At what locations is the magnetic field produced by this current equal to half of its largest value? Consider points inside and outside the wire.

### 2.3.3 Interaction of matter with electric and magnetic fields

Resistivity and conductivity; differential form of Ohm's law. Dielectric and magnetic permeability; energy density of electric and magnetic fields; ferromagnetic materials; hysteresis and dissipation; eddy currents; Lenz's law. Energy of a magnetic dipole in a magnetic field; dipole moment of a current loop.

- YF: 25.2–25.3 Resistans och Ohms lag
- Ett materials (elektriska) *konduktivitet*  $\sigma$  definieras av  $\sigma = \frac{1}{\rho}$  där  $\rho$  är materialets resistivitet.
- YF: 24.4–24.5 Isolator i elektriskt fält, dielektrisk konstant
  - YF: 28.8 Permeabilitet
  - YF: 24.3 Energi i elektriskt fält



- YF: 30.3 Energi i magnetfält
- YF: 28.8 Para- dia- och ferromagnetism
- ??: Hysteresis
- YF: 29.6 Virvelströmmar
- YF: 29.3 Lenz lag
- YF: 27.7 Magnetiska dipoler

**Övningar:** 24.27 i YF13 (se nedan), E2

**27** \* A parallel-plate vacuum capacitor with plate area  $A$  and separation  $x$  has charges  $+Q$  and  $-Q$  on its plates. The capacitor is disconnected from the source of charge, so the charge on each plate remains fixed. (a) What is the total energy stored in the capacitor? (b) The plates are pulled apart an additional distance  $dx$ . What is the change in the stored energy? (c) If  $F$  is the force with which the plates attract each other, then the change in the stored energy must equal the work  $dW = Fdx$  done in pulling the plates apart. Find an expression for  $F$ . (d) Explain why  $F$  is *not* equal to  $QE$ , where  $E$  is the electric field between the plates.

### 2.3.4 Circuits

Linear resistors and Ohm's law; Joule's law; work done by an electromotive force; ideal and non-ideal batteries, constant current sources, ammeters, voltmeters and ohmmeters. Nonlinear elements of given  $V$ - $I$  characteristic. Capacitors and capacitance; self-induction and inductance; energy of capacitors and inductors; mutual inductance; time constants for RL and RC circuits. AC circuits: complex amplitude; impedance of resistors, inductors, capacitors, and combination circuits; phasor diagrams; current and voltage resonance; active power.

- YF: 26.1 Resistans
  - YF: 25.5 Arbete och energiomvandlingar i elektriska kretsar, Joules lag
  - YF: 25.4 EMS och inre resistans
  - ??: Strömkällor och mätinstrument
  - YF: 24.1 Kondensatorer och kapacitans
  - YF: 24.2 Serie- och parallellkoppling av kondensatorer
  - YF: 30.2 Självinduktans
  - YF: 24.3, 30.3 Energi i kondensator och spole
  - YF 30.1 Ömsesidig induktans
  - YF: 30.4–30.5 LR och LC-kretsar
  - YF: 26.4 RC-kretsar
  - YF: 31.1–31.4 Växelströmskretsar
- Räkningarna underlättas av komplexa tal; mer om detta i korrespondenskursen för olympiadlaget.
- YF: 30.5–30.6, 31.5 Resonans i RLC-krets

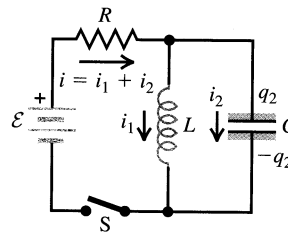
**Övningar:** 30.47, 30.76 i YF13 (se nedan), 31.25, 31.47, 31.49, 31.67, E3, E4

**76** \*\*\* **CP CALC** Consider the circuit shown in Fig. P76. The circuit elements are as follows:  $\mathcal{E} = 32.0 \text{ V}$ ,  $L = 0.640 \text{ H}$ ,  $C = 2.00 \text{ }\mu\text{F}$ , and  $R = 400 \text{ }\Omega$ . At time  $t = 0$ , switch S is closed. The current through the inductor is  $i_1$ , the current through the capacitor branch is  $i_2$ , and the charge on the capacitor is  $q_2$ . (a) Using Kirchhoff's rules, verify the circuit equations

$$R(i_1 + i_2) + L\left(\frac{di_1}{dt}\right) = \mathcal{E}$$

$$R(i_1 + i_2) + \frac{q_2}{C} = \mathcal{E}$$

Figure **P76**



(b) What are the initial values of  $i_1$ ,  $i_2$ , and  $q_2$ ? (c) Show by direct substitution that the following solutions for  $i_1$  and  $q_2$  satisfy the circuit equations from part (a). Also, show that they satisfy the initial conditions

$$i_1 = \left(\frac{\mathcal{E}}{R}\right)[1 - e^{-\beta t}\{(2\omega RC)^{-1} \sin(\omega t) + \cos(\omega t)\}]$$

$$q_2 = \left(\frac{\mathcal{E}}{\omega R}\right)e^{-\beta t} \sin(\omega t)$$

where  $\beta = (2RC)^{-1}$  and  $\omega = [(LC)^{-1} - (2RC)^{-2}]^{1/2}$ . (d) Determine the time  $t_1$  at which  $i_2$  first becomes zero.

## 2.4 Oscillations and waves

Det mesta av detta görs i gymnasiekurserna, men inte på så hög matematisk nivå. Notera hur Ma 4-kunskaperna kommer väl till pass vid matematisk beskrivning av svängnings- och vågrörelser!

### 2.4.1 Single oscillator

Harmonic oscillations: equation of motion, frequency, angular frequency and period. Physical pendulum and its reduced length. Behavior near unstable equilibria.

- YF: 14.1–14.3 Harmoniska oscillatorn
- YF: 14.4–14.6 Tillämpningar (bland annat fysisk pendel)
- ?? Reducerad längd hos fysisk pendel
- YF: 14.7–14.8 Dämpning och resonans

**Övningar:** 14.87, 14.88, 14.92, 14.93, V1, V2

### 2.4.3 Waves

Propagation of harmonic waves: phase as a linear function of space and time; wave length, wave vector, phase and group velocities; transverse and longitudinal waves; the classical Doppler effect. Waves in inhomogeneous media: Fermat's principle, Snell's law. Sound waves. Energy carried by waves: proportionality to the square of the amplitude, continuity of the energy flux.

- YF: 15.1–15.3 Vågrörelse
- YF: 15.4 Våghastighet i en sträng
- ?? Grupphastighet
- YF: 33.5 Polarisation (kan läsas senare)
- YF: 16.8 Dopplereffekt
- YF: 33.2–33.3 Reflektion och brytning
- YF: 16.1–16.4 Ljudvågor
- YF: 15.5 Energi i vågrörelse

**Övningar:** (16.61 i YF13 (se nedan)), 16.78 a,b i YF13 (se nedan)

**61 \*\*\* A Thermometer.** Suppose you have a tube of length  $L$  containing a gas whose temperature you want to take, but you cannot get inside the tube. One end is closed, and the other end is open but a small speaker producing sound of variable frequency is at that end. You gradually increase the frequency of the speaker until the sound from the tube first becomes very loud. With further increase of the frequency, the loudness decreases but then gets very loud again at still higher frequencies. Call  $f_0$  the lowest frequency at which the sound is very loud. (a) Show that the absolute temperature of this gas is given by  $T = 16ML^2f_0^2/\gamma R$ , where  $M$  is the molar mass of the gas,  $\gamma$  is the ratio of its heat capacities, and  $R$  is the ideal gas constant. (b) At what frequency above  $f_0$  will the sound from the tube next reach a maximum in loudness? (c) How could you determine the speed of sound in this tube at temperature  $T$ ?

**78 \*\*** (a) Show that Eq. (30) can be written as

$$f_R = f_S \left(1 - \frac{v}{c}\right)^{1/2} \left(1 + \frac{v}{c}\right)^{-1/2}$$

(b) Use the binomial theorem to show that if  $v \ll c$ , this is approximately equal to

$$f_R = f_S \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

## 2.4.4 Interference and diffraction

Superposition of waves: coherence, beats, standing waves, Huygensprinciple, interference due to thin films (conditions for intensity minima and maxima only). Diffraction from one and two slits, diffraction grating, Bragg reflection.

- YF: 15.6 Superpositionsprincipen
- YF: 35.1 Koherens (läses nog lämpligen senare, i samband med ljus)
- YF: 16.7 Svävningar
- YF: 15.7–15.8, 16.4 Stående vågor
- YF: 33.7 Huygens princip
- YF: 16.6, 35.1–35.3 Interferens (två vågkällor)
- YF: 35.4 Interferens i tunna filmer
- YF: 36.2–36.3 Diffraktion i enkelspalt
- YF: 36.4 Flera spaltöppningar
- YF: 36.5 Gitter, upplösningsförmåga för gitter
- YF: 36.6 Röntgendiffraktion och Braggs lag

Notera att vinkeln  $\theta$  i Braggs lag betecknar glansvinkeln (mellan infallande strålar och atomplanen) och inte infallsvinkeln (mellan infallande strålar och gränsvytans normal).

**Övningar:** 35.31, 36.59 i YF13 (se nedan)

**59 \*\* Angular Width of a Principal Maximum.** Consider  $N$  evenly spaced, narrow slits. Use the small-angle approximation  $\sin \theta = \theta$  (for  $\theta$  in radians) to prove the following: For an intensity maximum that occurs at an angle  $\theta$ , the intensity minima immediately adjacent to this maximum are at angles  $\theta + \lambda/Nd$  and  $\theta - \lambda/Nd$ , so that the angular width of the principal maximum is  $2\lambda/Nd$ . This is proportional to  $1/N$ .

### 2.4.5 Interaction of electromagnetic waves with matter

Dependence of electric permittivity on frequency (qualitatively); refractive index; dispersion and dissipation of electromagnetic waves in transparent and opaque materials. Linear polarization; Brewster angle; polarizers.

YF: 33.2 Brytningsindex

YF: 33.4 Dispersion

Vinkelfrekvensen uttryckt som funktion av vågtalet kallas för en *dispersionsrelation*. Det linjära fallet är  $\omega = vk$ . För mer komplicerade fall definieras fashastigheten som  $v_f = \frac{\omega}{k}$  och gruppshastigheten som  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$

YF: 32.2–32.4 Elektromagnetiska vågor (Förluster tas inte upp så väl; bör man kunna dämpningskonstant?)

YF: 33.5 Polarisation, polarisatorer, Brewstervinkeln

Experimentellt knep: ett sätt att skapa linjärpolariserat ljus från en opolariserad ljuskälla är att reflektera ljuset mot en valfri speglade yta (exempelvis ett armbandsur) vid Brewstervinkeln.

**Övningar:** 33.33, 33.34, V3, mera polarisation?

### 2.4.7 Optical devices

Telescopes and microscopes: magnification and resolving power; diffraction grating and its resolving power; interferometers.

YF: 34.8 Mikroskop och teleskop, förstoring.

YF: 36.5 Kromatisk upplösningsförmåga för ett gitter

YF: 36.7 Diffraction i cirkulär öppning. Upplösningsförmåga för linser

Formeln  $D \sin \theta = 1,22\lambda$  kallas *Rayleighs upplösningskriterium* och anses som utantillkundskap på IPhO.

YF: 35.5 Michelsoninterferometern

**Övningar:** 36.69 i YF13 (se nedan)

**69 \*\*** An astronaut in the space shuttle can just resolve two point sources on earth that are 65.0 m apart. Assume that the resolution is diffraction limited and use Rayleigh's criterion. What is the astronaut's altitude above the earth? Treat his eye as a circular aperture with a diameter of 4.00 mm (the diameter of his pupil), and take the wavelength of the light to be 550 nm. Ignore the effect of fluid in the eye.

## 2.5 Relativity


Detta behandlas mer utförligt i korrespondenskursen för olympiadlaget.

Principle of relativity and Lorentz transformations for the time and spatial coordinate, and for the energy and momentum; mass-energy equivalence; invariance of the space time interval and of the rest mass. Addition of parallel velocities; time dilation; length contraction; relativity of simultaneity; energy and momentum of photons and relativistic Doppler effect; relativistic equation of motion; conservation of energy and momentum for elastic and non-elastic interaction of particles.

- YF: 37.1 Postulaten i speciell relativitetsteori
- YF: 37.2–37.4 Konsekvenser av postulaten (tidsdilatation, längdkontraktion)
- YF: 37.5 Lorentztransformationer, addition av hastigheter
- YF: 37.6 Dopplereffekt
- YF: 37.7 Relativistisk rörelsemängd, rörelsemängdens bevarande
- YF: 37.8 Relativistisk energi, massa och energi, bevarande av total relativistisk energi

(Syllabusen tar ej upp 4-vektorer, bör man kunna det ändå?)

**Övningar:** 37.53, 37.63 i YF13 (se nedan), R1

**63**  A particle with mass  $m$  accelerated from rest by a constant force  $F$  will, according to Newtonian mechanics, continue to accelerate without bound; that is, as  $t \rightarrow \infty$ ,  $v \rightarrow \infty$ . Show that according to relativistic mechanics, the particle's speed approaches  $c$  as  $t \rightarrow \infty$ . [Note: A useful integral is  $\int (1 - x^2)^{-3/2} dx = x/\sqrt{1 - x^2}$ .]

## 2.6. Quantum Physics

### 2.6.1 Probability waves

Particles as waves: relationship between the frequency and energy, and between the wave vector and momentum. Energy levels of hydrogen-like atoms (circular orbits only) and of parabolic potentials; quantization of angular momentum. Uncertainty principle for the conjugate pairs of time and energy, and of coordinate and momentum.

- YF: 38.1 Fotoner (energi, rörelsemängd)
- YF: 39.1 Materievågor och de Broglie-våglängd
- YF: 39.3 Energinivåer för vätelika atomer, kvantisering av rörelsemängdsmoment
- YF: 40.5 Harmoniska oscillatorn (parabolisk potential)

Du behöver inte kunna använda Schrödingerekvationen, utan det räcker att du lär dig formeln för energinivåerna. Notera särskilt att alla par av närliggande energinivåer har samma energiskillnad  $\hbar\omega$ .

- YF: 38.4, 39.6 Heisenbergs osäkerhetsrelation

### 2.6.2 Structure of matter

Emission and absorption spectra for hydrogen-like atoms (for other atoms – qualitatively), and for molecules due to molecular oscillations; spectral width and lifetime of excited states. Atomic nuclei, energy levels of nuclei (qualitatively); alpha-, beta- and gamma-decays; fission, fusion and neutron capture; mass defect; half-life and exponential decay. Photoelectric effect.

- YF: 39.3 Energinivåer för H, emissions- och absorptionsspektra
- YF: 42.2 Energinivåer för molekyler
- ?: Spektralbredd och livslängd hos exciterade tillstånd.
- YF: 36.5, 39.2 Linjespektrum
- YF: 43.1–43.2 Kärnans uppbyggnad, bindningsenergi
- YF: 43.2 Kärnmodeller och energinivåer i kärnan
- YF: 43.3 Alfa-, beta- och gammasönderfall
- YF: 43.4 Radioaktivt sönderfall, halveringstid
- YF: 43.6 Kärnreaktioner
- YF: 38.1 Fotoelektrisk effekt

## 2.7. Thermodynamics and statistical physics

Grunderna (temperatur, inre energi och värme) känns förhoppningsvis igen, men sedan är det så att vi i de svenska gymnasiekurserna inte gör särskilt mycket termodynamik. Så här kan det finnas ganska många vita fläckar på kartan!

### 2.7.1 Classical thermodynamics

Concepts of thermal equilibrium and reversible processes; internal energy, work and heat; entropy; open, closed, isolated systems; first and second laws of thermodynamics. Kinetic theory of ideal gases: Avogadro number, Boltzmann factor and gas constant; translational motion of molecules and pressure; ideal gas law; translational, rotational and oscillatory degrees of freedom; equipartition theorem; internal energy of ideal gases; root-mean-square speed of molecules. Isothermal and adiabatic processes; specific heat for isobaric and isochoric processes; forward and reverse Carnot cycle on ideal gas and its efficiency; efficiency of non-ideal heat engines.

- YF: 17.1 Temperatur och termisk jämvikt
- YF: 20.1 Reversibla och irreversibla processer
- YF 19.2–19.4 Arbete, värme och inre energi
- YF: 17.5 Värme, specifik värmekapacitet
- YF: 20.7–20.8 Entropi
- YF: 19.4 Termodynamikens första huvudsats
- YF: 20.5 Termodynamikens andra huvudsats
- YF: 18.3 Kinetisk gasteori, tryck och molekylär rörelseenergi
- YF: 18.1 Tillståndslagar och ideala gaslagen
- YF: 18.1 Avogadros tal
- ??: Boltzmannfaktorn

Täcks ej av boken. Behandlas i korrespondenskursen för olympiadlaget.

- YF: 18.4 Värmekapacitet, frihetsgrader och ekvipartitionsteoremet
- YF: 18.3 RMS-fart
- YF: 19.5 Specialfall av termodynamiska processer
- YF: 19.8 Adiabatisk process (ingen värmeöverföring)
- YF: 19.7 Värmekapacitet för isobar och isokor process
- YF: 20.6 Carnots kretsprocess, verkningsgrad
- YF: 20.3 – 20.4 Icke-ideala värmemaskiner

**Övningar:** 18.83 i YF13 (se nedan), 19.31 i YF13 (se nedan), 19.31, 19.43, 20.29, 20.59 i YF13 (se nedan)



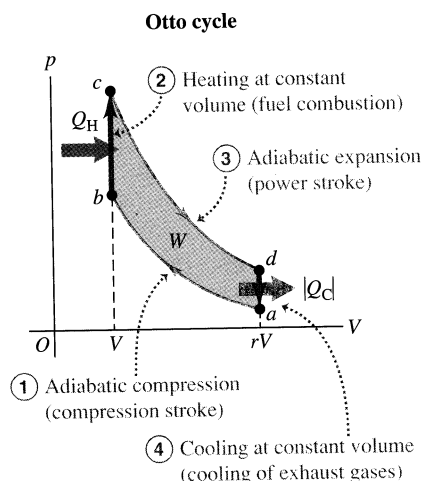
**83 •** For each polyatomic gas in Table 1, compute the value of the molar heat capacity at constant volume,  $C_V$ , on the assumption that there is no vibrational energy. Compare with the measured values in the table, and compute the fraction of the total heat capacity that is due to vibration for each of the three gases. (Note:  $\text{CO}_2$  is linear;  $\text{SO}_2$  and  $\text{H}_2\text{S}$  are not. Recall that a linear polyatomic molecule has two rotational degrees of freedom, and a nonlinear molecule has three.) physical definition of  $f(v)$ , explain why the integral in part (a) *must* have this value.

**Table 1 Molar Heat Capacities of Gases**

Type of Gas	Gas	$C_V$ (J/mol · K)
Monatomic	He	12.47
	Ar	12.47
Diatomic	$\text{H}_2$	20.42
	$\text{N}_2$	20.76
	$\text{O}_2$	20.85
	CO	20.85
Polyatomic	$\text{CO}_2$	28.46
	$\text{SO}_2$	31.39
	$\text{H}_2\text{S}$	25.95

**31 \*\*** Two moles of carbon monoxide (CO) start at a pressure of 1.2 atm and a volume of 30 liters. The gas is then compressed adiabatically to  $\frac{1}{3}$  this volume. Assume that the gas may be treated as ideal. What is the change in the internal energy of the gas? Does the internal energy increase or decrease? Does the temperature of the gas increase or decrease during this process? Explain.

**59 \*\* CALC** (a) For the Otto cycle shown in Fig. 6, calculate the changes in entropy of the gas in each of the constant-volume processes  $b \rightarrow c$  and  $d \rightarrow a$  in terms of the temperatures  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ , and  $T_d$  and the number of moles  $n$  and the heat capacity  $C_V$  of the gas. (b) What is the total entropy change in the engine during one cycle? (Hint: Use the relationships between  $T_a$  and  $T_b$  and between  $T_d$  and  $T_c$ .) (c) The processes  $b \rightarrow c$  and  $d \rightarrow a$  occur irreversibly in a real Otto engine. Explain how can this be reconciled with your result in part (b).



### 2.7.3 Statistical physics

Planck's law (explained qualitatively, does not need to be remembered); the Stefan-Boltzmann law.
---

□ YF: 39.5 Svartkroppsstrålning, Stefan-Boltzmanns lag, Plancks lag

## 3. Experimental skills

I denna del av syllabusen står det om vad man förväntas kunna inför de experimentella IPhO-uppgifterna.

Experimentella färdigheter brukar övas under en träningshelg med olympianderna. Att träna: felanalys, linjärisering, linjär regression grafiskt och med miniräknare (?).

## 4. Mathematics

I denna del av syllabusen finns listat den matematik som IPhO-uppgifter kan innehålla.

Det mesta av detta material går att hitta i läroböcker i linjär algebra respektive matematisk analys i en variabel. I synnerhet är Taylorutvecklingar och trigonometri viktigt. (Skriva kort sammanfattning?)

Svar till några av YF13-uppgifterna ovan

---

79 b)  $v_x = R\omega(1 - \cos\omega t)$ ,  
 $v_y = R\omega \sin\omega t$ ;  $a_x = R\omega^2 \sin\omega t$ ,  
 $a_y = R\omega^2 \cos\omega t$  c)  $t = 0, 2\pi/\omega, 4\pi/\omega, \dots$ ;  
 $x = 0, 2\pi R, 4\pi R, \dots$ ;  
 $y = 0$ ;  $a = R\omega^2$  in the  $+y$ -direction d) no

---

59 a)  $V = mg + w$ ,  $H = T = \left(w + \frac{mg}{4}\right) \cot\theta$   
b) 926 N c)  $6.00^\circ$

---

85 a)  $al/g$  b)  $\omega^2 l^2 / 2g$

---

67 a)  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{qQ}{\pi\epsilon_0 m a^3}}$  b) accelerates away from the  
origin along the  $y$ -axis

---

27 a)  $\frac{xQ^2}{2\epsilon_0 A}$  b)  $\left(\frac{Q^2}{2\epsilon_0 A}\right) dx$  c)  $\frac{Q^2}{2\epsilon_0 A}$

---

61 b)  $3f_0$

---

69 387 km

---

83  $\text{CO}_2$ : 20.79 J/mol · K, 27%;  $\text{SO}_2$ : 24.94  
J/mol · K, 21%;  $\text{H}_2\text{S}$ : 24.94 J/mol · K, 3.9%

---

31 5.05 kJ, internal energy and temperature both  
increase

---

59 a)  $nC_V \ln(T_c/T_b)$   $nC_V \ln(T_d/T_d)$  b) zero

---