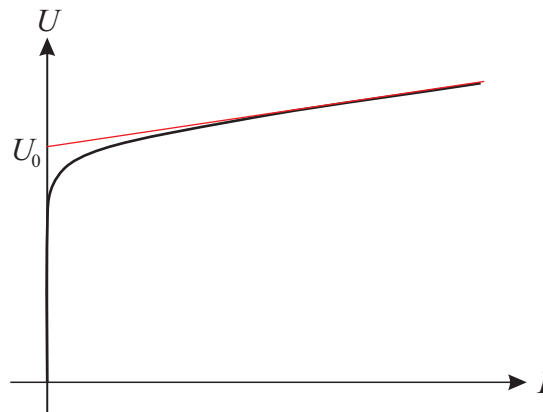




Benyt Logger Pro til at tegne en  $(I, U)$ -karakteristik for lysdioden ud fra de manuelle målinger i skemaet ovenfor. Bestem en værdi for *knækspændingen*, som fås ved at forlænge det lige stykke på grafen til skæring med 2. akse, som vist på figuren nedenfor.



### Automatisk måling af karakteristikken

Man kan også anvende en *Differential Voltage Probe* og en *Current Probe* fra firmaet Vernier til at måle henholdsvis spænding og strømstyrke automatisk. De to sensorer tilsluttes kanal 1 og 2 på en LabQuest, som via et USB-kabel er tilsluttet en computer. Når systemet er sat op og Logger Pro tændt, kan man se værdierne for sensorerne i hvert deres lille display i programvinduet. Skru helt ned for strømmen. Inden man starter, er det fornuftigt at *kalibrere* de to måleinstrumenter i Logger Pro via menuen *Experiment > Calibrate*. Vælg først den ene føler og udfør følgende i kalibreringsvinduet: *One Point Calibration > Calibrate Now > indtast 0 i feltet "Reading 1" > Keep > Done*. Gentag proceduren for den anden føler. Vi er nu klar til at måle. Tryk på den grønne *Collect* knap i værktøjslinjen og skru langsomt op for strømmen fra 0 til ca. 40 mA. Du har ca. 18 sekunder til det i standardindstillingen. I begyndelsen vil strømmen være 0 i et godt stykke tid ...

Efter måleserien er afsluttet, afbildes strømmen  $I$  på 1. akse og spændingen  $U$  på 2. akse. Foretag lineær regression på den øverste del af grafen, som kan antages omtrent lineær. Herved kan knækspændingen  $U_0$  aflæses.

### Lidt teori

Der skal en mindste spænding over en diode, før den overhovedet kan lede strømmen. Herefter kan man benytte en lineær model for spændingens udvikling som funktion af strømmen:  $U = R \cdot I + U_0$ . Som bekendt er begrebet spænding kort fortalt defineret som energi pr. ladning:  $U = E/Q$ . Da en elektron har ladningen  $e$ , så er den omsatte energi ved at tilbagelægge en spændingsforskel på  $U$  givet ved  $E = U \cdot e$ . Hvis vi ganger ladningen på begge sider i modelligningen fås  $U \cdot e = R \cdot I \cdot e + U_0 \cdot e$  og vi kan foretage følgende fortolkning: Leddet  $U_0 \cdot e$  kan opfattes som den begyndelsesenergi, som der skal til for at lysdioden overhovedet lyser, leddet  $R \cdot I \cdot e$  kan tolkes som den *termiske energi*, der er afsat i dioden mens  $U \cdot e$  er den samlede energi elektronen har fået tilført. Begyndelsesenergien går altså til at der udsendes en foton med en frekvens givet ved ligningen

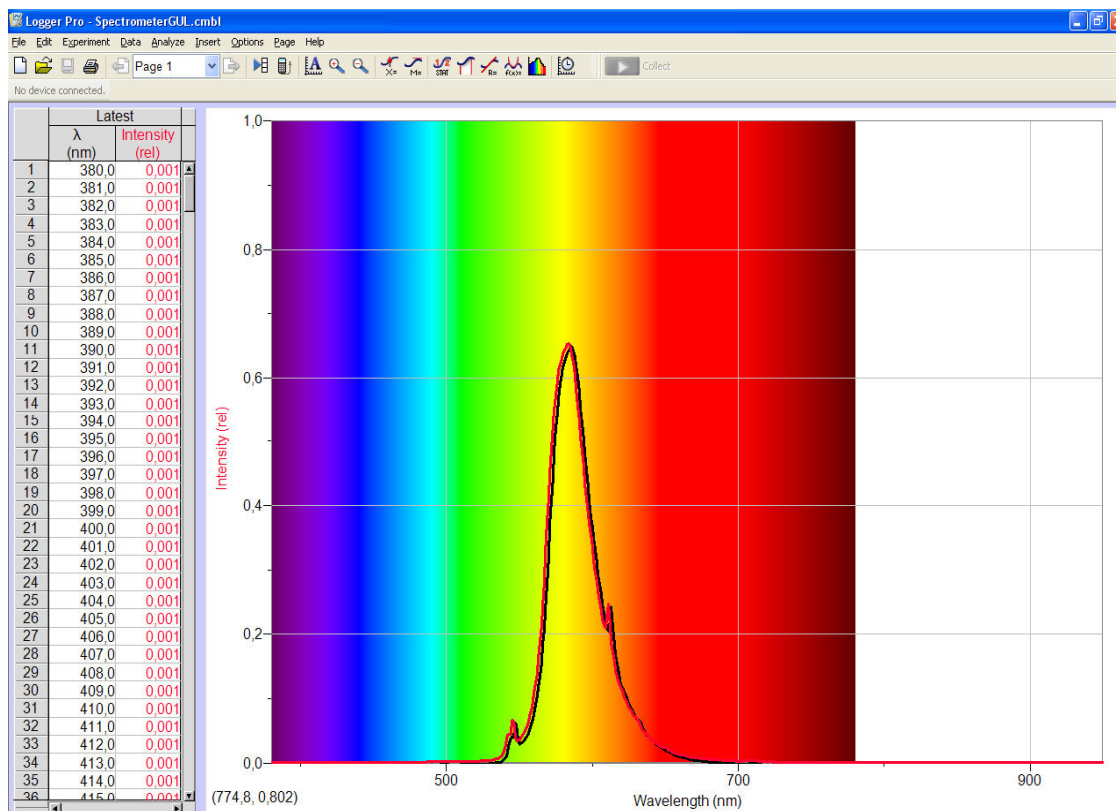
$U_0 \cdot e = h \cdot f$ , mens den overskydende energi går til termisk energi. Du kan læse mere om halvledere og dioder i Orbit BA fra side 203 og frem.

## Delforsøg 2

Her skal du bruge den ovenfor omtalte automatiske måde til at bestemme karakteristikken for 4-5 forskellige lysdioder: De almindelige er 5 mm lysdioder med farverne grøn, gul og rød, men man kan også få fx en blå og en kraftig orange. Ja selv en infrarød diode er mulig. Find i hvert tilfælde knækspændingen for lysdioden.

Dernæst skal du med Red Tide Emission Spectrometer USB 650 finde bølgelængderne af det lys, som udsendes af hver af de anvendte lysdioder: Sæt USB kablet fra spektrometeret i computeren. Før du starter målingerne, skal du foretage en indstilling: *Experiment > Change Units > Spektrometer > Intensity*. Herefter kan du foretage en måling ved at klikke på den grønne knap i Logger Pro. Sørg for at holde lyslederen, der er påmonteret spektrometeret, helt hen til dioden. Klik på knappen igen for at stoppe målingen, så snart du ser toppen have en passende højde. Den må ikke rage udenfor afbildningsområdet!

Her er et billede af lyset fra en gul lysdiode i Logger Pro:



Sammenholder vi  $U_0 \cdot e = h \cdot f$  og  $\lambda = c/f$ , så får vi  $h = U_0 \cdot e \cdot \lambda / c$ . Udregn ved hjælp af de eksperimentelle værdier for  $U_0$  og  $\lambda$  den eksperimentelle værdi for Plancks konstant for hver af de anvendte lysdioder. Derefter kan man passende vælge gennemsnittet af værdierne for at få den endelige værdi for Plancks konstant.