

Lösningsförslag

Fäst en tvärställd konsol från stativen och häng upp A4-pappret med tejp. Ta lite olja på fingret och forma en fettfläck på pappret i höjd med ljuskällorna. Den färdiga uppställningen visas i figur 1, för olika förhållanden mellan belysningen av fettfläcken från de båda sidorna.



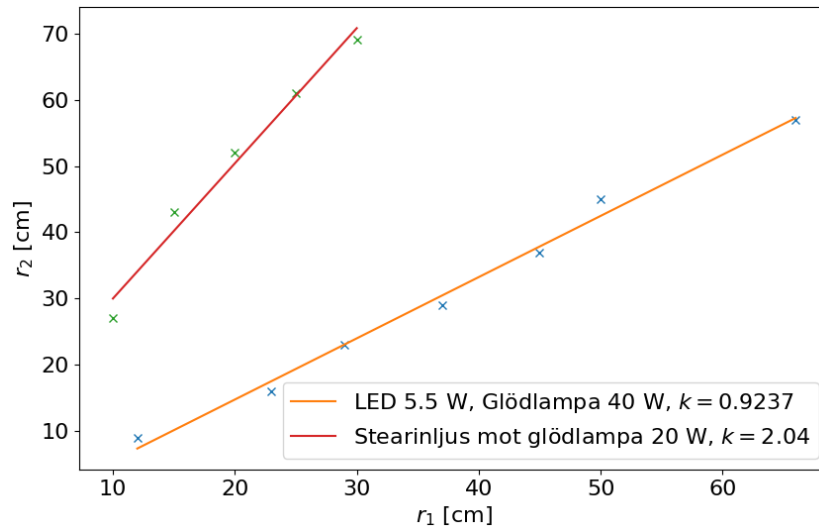
Figur 1: Foto av uppställningen, med mörk fettfläck (vänster), väsentligen osynlig fettfläck (mitten) samt ljus fettfläck (höger)

Storheten som fettfläcksfotometern jämför är ljusets intensitet vid fettfläcken, benämnt illuminansen, dvs ljusflödet dividerat med arean av den sfär ljuset spridit sig över när det når fettfläcken. Om r_1 och r_2 betecknar de båda ljuskällornas respektive avstånd till fettfläcken, och ϕ_1 och ϕ_2 betecknar motsvarande ljusflöden, kommer således fettfläcken att bli osynlig då

$$\frac{\phi_1}{r_1^2} = \frac{\phi_2}{r_2^2} \Leftrightarrow r_2 = \sqrt{\frac{\phi_2}{\phi_1}} r_1. \quad (1)$$

Placera på varsin sida av pappret med fettfläcken LED-lampan (index 1) och glödlampan (index 2) inställd på full effekt. Då dimmern begränsar den tillförda effekten märkbart även i sitt maxläge kräver detta att dimmern kopplas bort. Ta upp en mätserie över LED-lampans avstånd samt det avstånd glödlampan måste ha för att fettfläcken ska bli osynlig. En sådan mätserie visas i tabell 1. En plott av r_2 mot r_1 ger enligt ekvation 1 en rät linje med lutning $k = \sqrt{\phi_2/\phi_1}$, och LED-lampans ljusflöde ges då av $\phi_1 = \phi_2/k^2$. En sådan plott visas i figur 2, från vilken vi utläser att $k = 0,92$. När glödlampan drivs med 40 W är det känt att den avger $\phi_2 = 350$ lm, vilket ger $\phi_1 = 413$ lm. Divideras detta med LED-lampans effekt på 5,5 W fås verkningsgraden 75 lm/W. Som jämförelse är glödlampans verkningsgrad endast $350/40 = 8,75$ lm/W, dvs endast 12% av LED-lampans.

Tänd därefter stearinljuset och koppla in glödlampan via dimmern och effektmätaren. Sänk glödlampans effekt till 20 W. Ta upp en mätserie över stearinljusets avstånd samt det avstånd glödlampan måste ha för att fettfläcken ska bli osynlig. En sådan mätserie redovisas också i tabell 1, och motsvarande plott visas i figur 2, från vilken vi utläser att $k = 2,04$. Då det är känt att glödlampan utstrålar $\phi_2 = 38$ lm vid 20 W ger detta att stearinljusets ljusflöde uppmäts till $\phi_1 = 9,13$ lm. För att få ljusstyrkan i cd behöver detta divideras med 4π , vilket ger att stearinljusets ljusstyrka uppmäts till 0,7 cd.



Figur 2: Avstånd för mätobjekt (index 1) och referensljuskälla (index 2) då fettfläcken blir osynlig, samt motsvarande linjeanpassningar.

r_1 (LED-lampan) [cm]	r_2 (Glödlampan) [cm]	r_1 (Stearinljuset) [cm]	r_2 (Glödlampan) [cm]
12	9	10	27
23	16	15	43
29	23	20	52
37	29	25	61
45	37	30	69
50	45		
66	57		

Tabell 1: Avstånd för mätobjekt (index 1) och referensljuskälla (index 2) då fettfläcken blir osynlig.

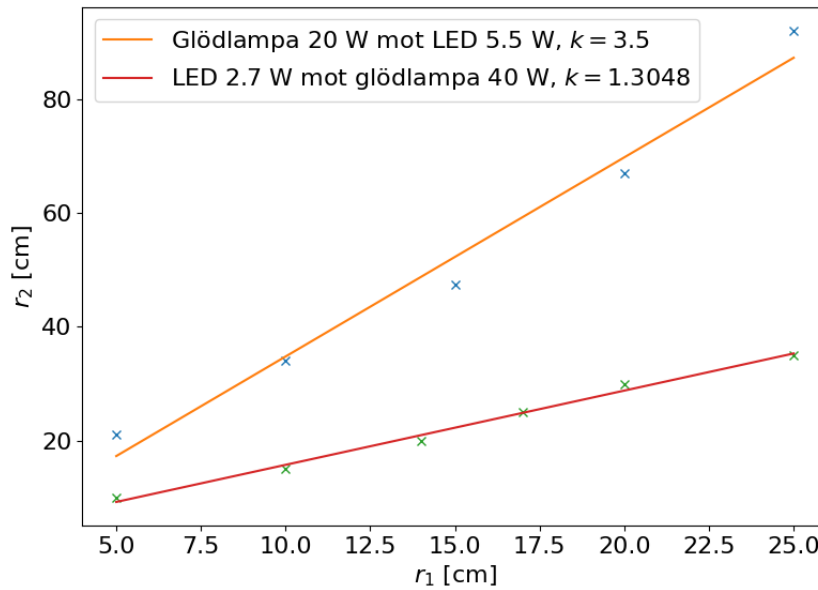
Kommentarer: Det uppmätta värdet på LED-lampans ljusflöde stämmer någorlunda väl med dess märkning på 470 lm och 5,5 W.

Det förekommer ett flertal svårigheter för att få god precision i denna mätning. Båda ljuskällorna har en viss utbredning och deras exakta position är någorlunda svår att mäta av praktiska skäl. Det är inte heller helt tydligt exakt när fettfläcken är som minst synlig, och stearinljusets ljusstyrka håller sig inte heller helt konstant. Därför bör avståndet ökas med åtminstone 5 cm åt gången för att få ett tydligt utslag. Notera att antal mätpunkter som kan tas upp på detta sätt är något begränsat av den tillgängliga bordsytan.

Notera att studerandet av den linjära trenden istället för individuella mätvärden reducerar problemet med att entydigt definiera och mäta ljuskällornas avstånd; så länge avståndet mäts till en konstant referenspunkt kommer en förskjutning jämfört med det faktiska (effektiva) avståndet att ge upphov till en vertikal förskjutning av grafen som inte påverkar lutningen.

Extra för den intresserade: Glödlampans ljusflöde vid 20 W uppmättes i förväg med LED-lampan och dess angivna märkvärden som referens. Denna mätserie visas nedan i figur 3, med index 1 för mätobjektet och index 2 för referensljuskällan. En lutning $k = 3,5$ ger, med LED-lampans märkning på 470 lm, att glödlampans utstrålar 38 lm vid 20 W.

Det kan verka tilltalande att istället formulera uppgiften med LED-lampan som referensljuskälla, då denna har praktiskt taget konstant verkningsgrad som funktion av effekt; mätningen som visas i figur 3 med LED-lampan driven med 2,7 W, tillsammans med glödlampans märkning på 350 lm, ger att LED-lampan har verkningsgraden 77 lm/W vid 2,7 W. Den tillgängliga effektmätaren kan dock inte mäta under 2 W, vilket är för mycket för en praktiskt genomförbar jämförelse med stearinljuset.



Figur 3: Avstånd för mätobjekt (index 1) och referensljuskälla (index 2) då fettfläcken blir osynlig, samt motsvarande linjeanpassningar, för extra mätningar utförda under förberedelsen av uppgiften.