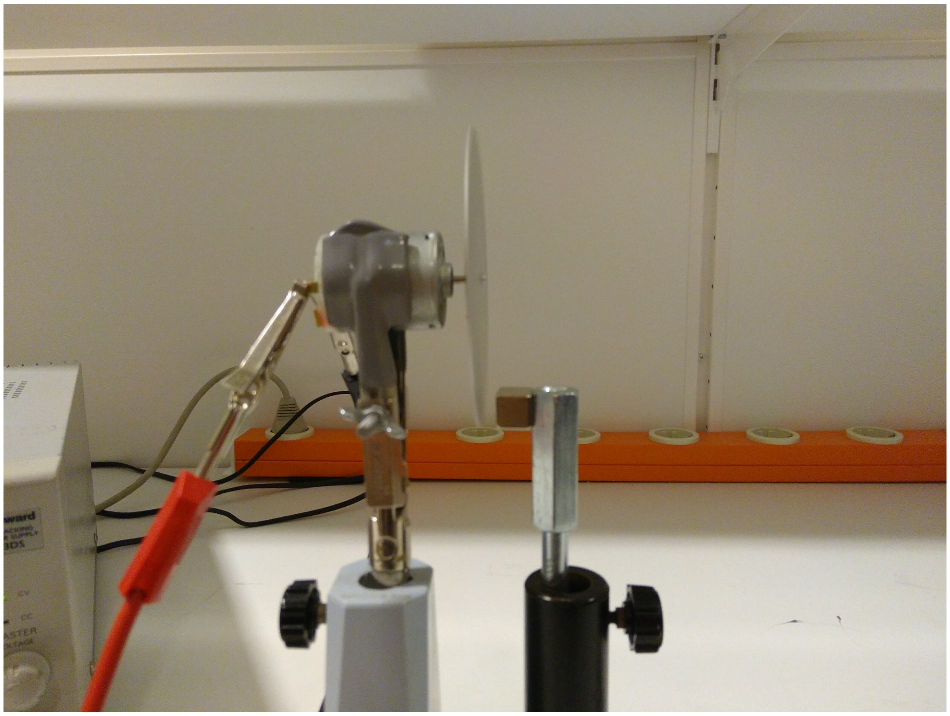


Figur 1: Förslag på hur motorn och magneten bör ställas upp.

Lösningsförslag

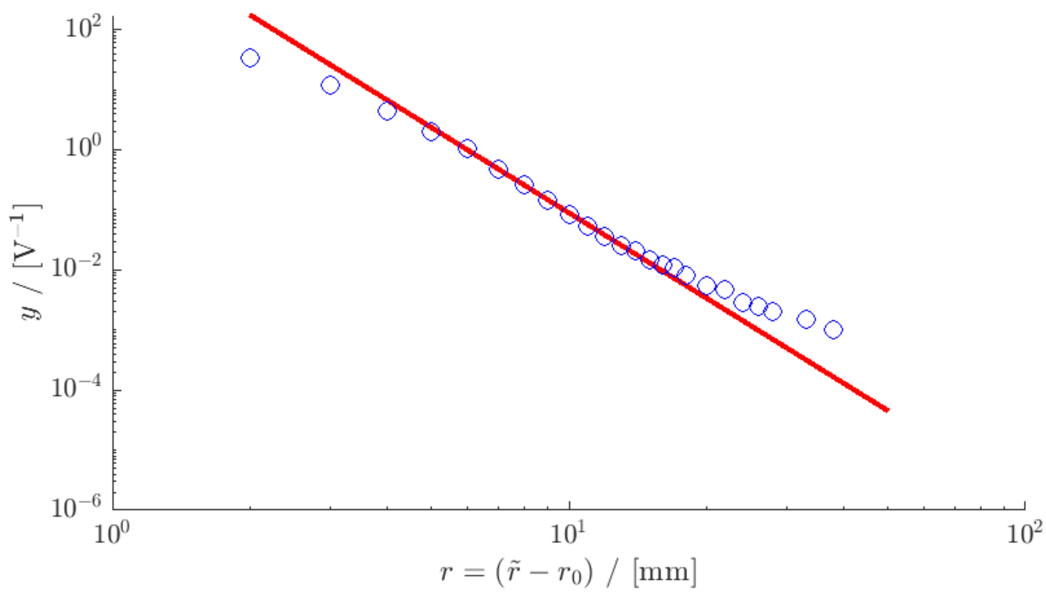
Placera motorn i hållaren i ryttaren och skruva fast motorns ryttare. Placera därefter magneten på stången i den andra ryttaren. Magneten bör placeras så långt ut på skivan som möjligt (utan att gå utanför den) för att maximera bromseffekten, se figur 1.

Spänningsaggregatet ska redan vara inställt på konstant ström: 250 mA. För att bestämma U_0 räcker det att notera spänningen som blir när motorn hålls fast; för extra bra utförande bör man notera spänningen för ett antal olika lägen som motorn hålls stilla med. Man får U_1 genom att ta bort magneten och notera den spänningen[1]. Typiska värden på U_0 är 0,7–1,0 V och på U_1 är 5–8 V beroende på vilken motor man har.

För att bestämma r för man magneten fram till skivan och avläser magnetens ryttares position på skalan, r_0. Sen ges avståndet mellan magneten och skivan som $\tilde{r} - r_0$, där $\tilde{r}$ är avläsingen från skalan på skenan.

Nu behöver man ta upp en mätserie med U som funktion av r. Sen plottar man sambandet som ges i uppgiftstexten i log-log-skala, se figur] 2. För mätpunkter upptagna med mycket små r stämmer inte potensambandsapproximationen särkilt väl varför dessa punkter bortses ifrån. För stora r blir spänningen mycket nära U_1 vilket innebär att det relativa felet på skillnaden mellan dessa spänningar blir stort. Därför kan även punkter upptagna en bit ifrån magneten avvika från potenssambandet varför även dessa punkter bortses ifrån. Den anpassade linjen ger exponent $\alpha = 4{,}7$ och linjen är anpassad till mätdata upptaget i intervallet $5\,\text{mm} \leq r \leq 20\,\text{mm}$. Numeriska undersökningar ger ett teoretiskt värde på $\alpha \approx 4{,}3$.

[1] Tyvärr är motorerna lite opålitliga, så U_1 kan variera med upp till 5 % på samma motor när man låter den köra ett tag. Detta kan påverka mätvärdena för r större än ungefär 20 mm.



Figur 2: Log-log-plot av $y = [U - (U - U_0)(U_1 - U_0)U_1]/(U - U_0)^2$ mot $\tilde{r} - r_0$. Lutningen på anpassningen är $-4{,}7$, vilket ger $\alpha = +4{,}7$.

Bilaga: bakgrundsteori

Utgående från momentekvationen

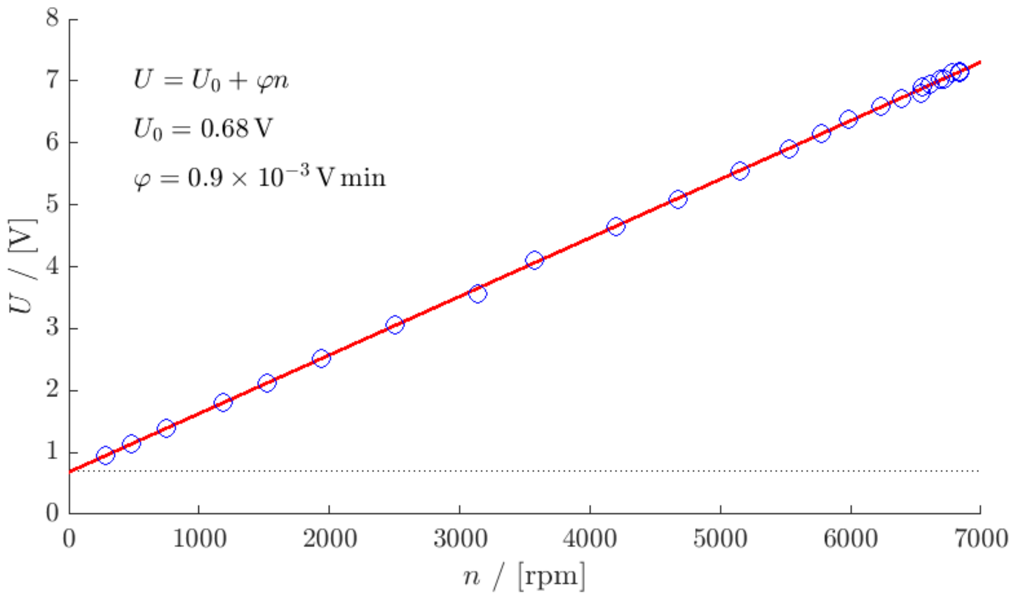
$$M_B + M_{\text{friktion}} = \frac{\eta I U}{\omega}$$

och momentet från magnetbromsens ekvation

$$M_B = \frac{a}{r^{\alpha}}\omega,$$

är det klart att vi behöver ett samband som låter oss bestämma ω. I uppgiftstexten är det givet att $\omega = b(U - U_0)$, där b är en okänd konstant och U_0 är ”spänningen när motorn hålls stilla” med konstant ström. I själva verket härstammar $U_0 = IR_{\text{motor}}$ från motorns lindningsresistans R_{motor}, och eftersom $I = 250\,\text{mA}$ hålls fixt så är U_0 konstant. I figur 3 visas ett uppmätt samband mellan motorspänningen $U = U_0 + \varphi n$ och motorns varvtal n, där ses att U ges som ett linjärt[2] samband förskjutet med en konstant spänning U_0. Detta rättfärdigar användning av $\omega = b(U - U_0)$, där $b = \pi/(30\varphi)$; eftersom de multiplikativa konstanternas värden är oväsentliga för frågan i uppgiften, behöver eleverna dock inte ta fram värdet på b eller φ.

[2]Anledningen till att man får detta (förskjutna) linjärsamband är att en elmotor samtidigt också är en generator. Ju högre varvtal n motorn/generatorn har, desto större backspänning $U_{\text{bak}} = \varphi n$ genereras.



Figur 3: Motorspänning U som funktion av motorns varvtal vid konstant ström $I = 250\,\mathrm{mA}$. Det är ett klart linjärt samband med en konstant förskjutning $U_0 = IR_{\mathrm{motor}}$ härstammande från lindningsresistansen R_{motor} i motorn.