

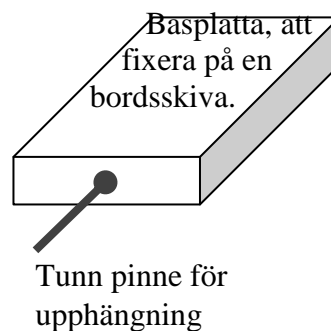
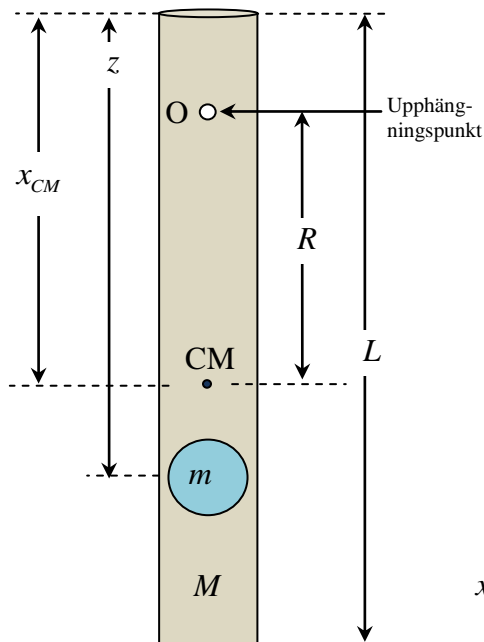
## 2. Mekanisk “svart låda”: Cylinder med kula

En liten homogen kula med massan  $m$  är fastsatt på avståndet  $z$  från ena änden på en ihålig cylinder med massan  $M$ . Ett antal hål är borrarade vinkelrätt genom cylinderaxeln. Dessa hål gör att cylindern kan hängas upp som en vertikal pendel.

Bestäm följande storheter inklusive feluppskattning, utan att förstöra staven:

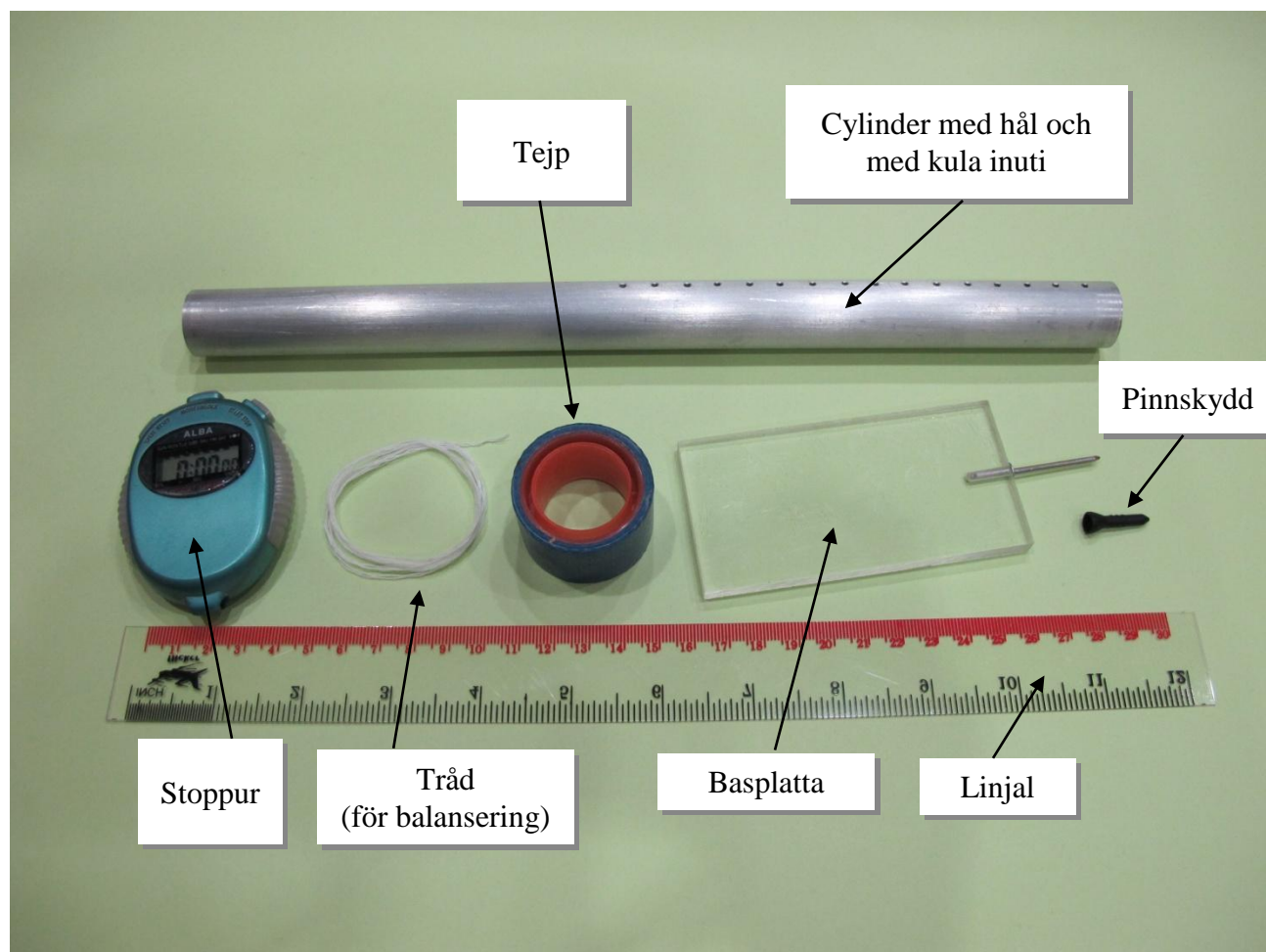
- i. Läget för tyngdpunkten hos cylindern med kula.  
Redovisa också en skiss över din metod för lägesbestämningen. [1,0 poäng]
- ii. Avståndet  $z$  [3,5 poäng]
- iii. Kvoten  $\frac{M}{m}$ . [3,5 poäng]
- iv. Tyngdaccelerationen,  $g$ . [2,0 poäng]

**Utrustning:** En cylinder med “flöjthål” med fastsatt kula, en basplatta med en tunn pinne, ett pinnskydd, en linjal, ett stoppur, tråd, en blyertspenna och tejp.



$x_{CM}$  är avståndet från cylinderns övre ände till tyngdpunkten.

$R$  är avståndet från upphängningspunkten till tyngdpunkten.



**Varning:** Den tunna pinnen är vass. Av säkerhetsskäl ska pinnskyddet alltid sitta på när pinnen ej används.

**Användbar information:**

1. För en sådan fysisk pendel gäller  $\{(M + m)R^2 + I_{CM}\} \frac{d^2q}{dt^2} \gg -g(M + m)Rq$ , där  $I_{CM}$  är tröghetsmomentet för cylindern med kula kring tyngdpunkten och  $q$  är rotationsvinkeln.
2. För en lång ihålig cylinder med längd  $L$  och massa  $M$  kan tröghetsmomentet för en rotationsaxel vinkelrätt mot cylindern genom dess tyngdpunkt approximeras av  $\frac{1}{3} M \frac{L^2}{2}$ .
3. Parallellaxelsatsen:  $I = I_{\text{tyngdpunkt}} + Mx^2$ , där  $x$  är avståndet från rotationspunkten till tyngdpunkten, och  $M$  är objektets totala massa.
4. Kulan kan betraktas som en ren punktmassa på cylinderns centralaxel.
5. Anta att cylindern är jämnt tjock och att ändpluggarnas massa är försumbar.