

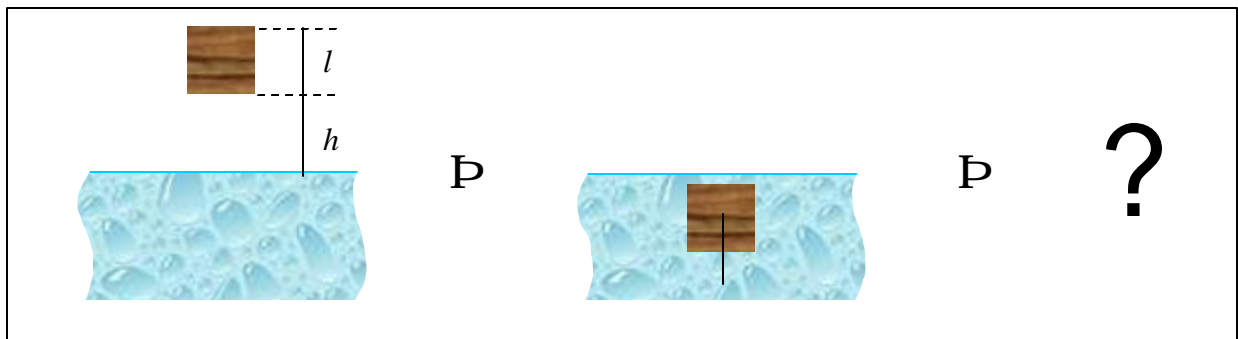
**Hertentamen Klassieke Mechanica I**  
**Dinsdag 30 juli 2002**  
**Duur: 3 uur**

Vermeld op elk blad duidelijk je **naam**, **studierichting**, en evt. **collegekaartnummer!** (TIP: lees eerst alle vragen rustig door, begin met de vraag die je het makkelijkst vindt, besteed niet teveel tijd aan één vraag)

**Uitslag:** over ca. 2 weken bij studentenadministratie en op de KM1-webpagina. Als je bezwaar hebt tegen vermelding van je uitslag op de webpagina, geef dit dan duidelijk aan op het eerste blad.

**OPGAVE 1**

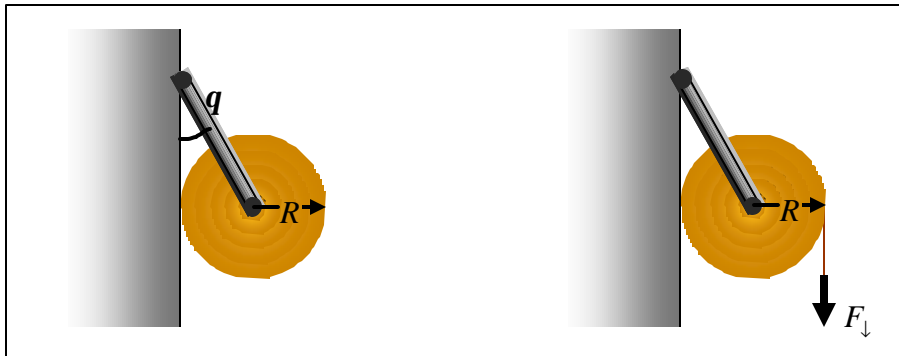
Een kubusvormig, houten blok wordt vanuit stilstand losgelaten, met zijn ondervlak op een hoogte  $h$  boven een wateroppervlak. De ribbe van de houten kubus bedraagt  $l$ . De dichtheden (massa per volume-eenheid) van het hout en het water bedragen respectievelijk  $r_h$  en  $r_w$ , waarbij natuurlijk  $r_h < r_w$ . De hoogte  $h$  wordt zo groot gekozen, dat het blok volledig zal worden ondergedompeld.



- Beschrijf in woorden de volledige beweging die het blok zal gaan uitvoeren, vanaf het moment van loslaten totaan het eventuele eindpunt van de beweging. Ga er hierbij vanuit dat de lucht en het water op het blok (effectief) geen wrijvingskrachten uitoefenen, zodat er sprake is van een volledig conservatief krachtveld.
- Geef een uitdrukking voor de totaalcracht die het blok ondervindt als functie van de hoogte van zijn ondervlak, over het hoogtebereik vanaf beginhoogte  $h$ , volledig boven het water, tot een hoogte waarbij het blok volledig is ondergedompeld, bijvoorbeeld  $-2l$ . Teken hiervan een grafiek.
- Gebruik de bij b) gevonden uitdrukking om de potentiële energie uit te rekenen als functie van de hoogte, opnieuw over het hoogtebereik van  $-2l$  tot  $h$ . Teken ook hiervan een grafiek.
- Los, voor het geval dat  $r_h = \frac{1}{2} r_w$ , de bewegingsvergelijking van het blok op voor alle onderdelen van de beweging, dus zowel het stuk boven het water als de gedeelten in het water, etc.. Klopt deze uitkomst met je verwachting bij a)? Wat voor naam zou je aan deze beweging kunnen geven?
- Beschrijf in woorden wat er aan de beweging van het blok verandert als het water wel wrijving veroorzaakt.

## OPGAVE 2

Een zware papierrol, met een massa  $m$  en een straal  $R$  hangt aan een massaloze beugel tegen een muur aan, zoals aangegeven in de linkse figuur. De beugel steekt met een as, met verwaarloosbare diameter, door het centrum van de papierrol. De rol kan wrijvingsloos om deze as draaien, maar de wrijvingscoëfficiënt tussen het papier en de muur bedraagt  $m \neq 0$ . De beugel is zodanig aan de muur bevestigd dat hij vrij kan scharnieren rondom het ophangpunt. De afmetingen van de rol en de beugel zijn zodanig dat de beugel een hoek met de muur maakt van  $q$ .



- Reken het traagheidsmoment van de papierrol uit t.o.v. de centrale draaias, en druk deze uit in de massa en de straal van de rol.
- Wat is de richting van de kracht die de beugel op de papierrol uitoefent? Hoe groot is deze kracht? Oefenen de muur en de papierrol krachten uit op elkaar? Zoja, wat is de grootte en de richting van de kracht van de muur op de papierrol?

We trekken nu met een constante, neerwaartse kracht  $F_{\downarrow}$  aan het papier van de rol (zie rechtse figuur). Deze trekkracht is zo klein dat de rol nog niet gaat draaien; de wrijvingskracht bij de muur is daarvoor te hoog.

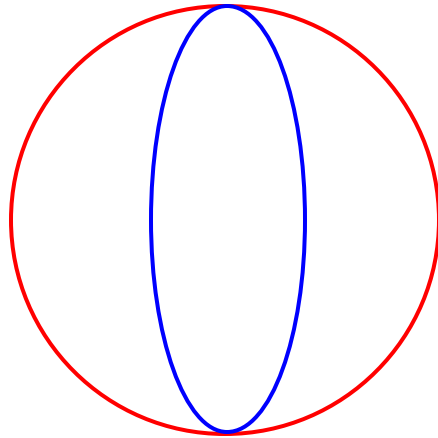
- Beantwoord de bij b) gestelde vragen voor deze nieuwe situatie.

Nu maken we de neerwaartse kracht  $F_{\downarrow}$  voldoende groot om de rol wel aan het draaien te krijgen. Neem aan dat het papier zo dun is, dat de massa en diameter van de rol in een verwaarloosbaar laag tempo afnemen, zodat deze beiden als constant kunnen worden beschouwd.

- Beantwoord de bij b) gestelde vragen opnieuw.
- Hoe groot moet  $F_{\downarrow}$  minimaal zijn om de rol te laten draaien?
- Wat voor beweging voert de rol uit als  $F_{\downarrow}$  groter is dan de bij e) berekende, minimale waarde (bijvoorbeeld eenparige rotatie, of eenparig versnelde rotatie, etc.)? Reken ook de bij deze beweging horende hoeksnelheid, hoekversnelling, of andere karakteristieke, constante grootte uit.

### OPGAVE 3

We beschouwen de volgende twee satellietbanen rondom de aarde.



- Voor welk van de hier getekende banen is de totale energie het hoogst? Voor welke baan is de omlooptijd het grootst? In welke baan is het impulsmoment het hoogst? In welke baan is de snelheid het hoogst? Licht je antwoord toe en betrek in je antwoord de positie van de planeet t.o.v. elk van de getekende banen.
- Bij een van de vluchten van de Space Shuttle Columbia in 1999 bleek de brandstoftank gedurende de lancering lek te zijn. De shuttle kwam daardoor 11 km lager uit dan de geplande cirkelbaan op een hoogte van 400 km boven het aardoppervlak. Welke fractie van de totale brandstofvoorraad was weggelekt? Houd er in je antwoord rekening mee dat de shuttle vertrekt vanuit stilstand op het aardoppervlak. Verwaarloos bij je berekening het effect van de (enorme) massa die onderweg wordt verbrand (brandstof) of afgeworpen (booster-raketten en tank). Verwaarloos ook het effect van de aardrotatie. Neem voor de straal van de aarde 6400 km.
- Welke fractie van de totale ontsnappingsenergie vanaf de aarde is nodig om de shuttle in een stabiele baan op een hoogte van 400 km boven het aardoppervlak te brengen. Beschouw hier opnieuw alleen de energie die nodig is voor de shuttle zelf, en verwaarloos de andere massa's die onderweg zijn afgeworpen of verbrand.

Neem aan dat de shuttle 100.000 kg weegt en zich in een stabiele cirkelbaan bevindt met een straal van 6800 km. Met behulp van een stuurruket wordt gedurende een korte tijd van 100 sec een kracht van 1000 N uitgeoefend op de shuttle in een richting loodrecht op het baanvlak.

- Reken uit hoeveel graden het baanvlak van de shuttle hierdoor kantelt, en geef in een tekening aan in welke richting dit gebeurt t.o.v. de oorspronkelijke baan en de plaats in die baan waar de kracht wordt uitgeoefend. (TIP 1: Reken het impulsmoment uit en bepaal de totale verandering t.g.v. de kracht. Beschouw deze impulsmomentverandering vervolgens als instantaan, dus verwaarloos het feit dat hiervoor 100 sec nodig is. TIP 2: Gebruik eventueel de zwaartekrachtsversnelling op het aardoppervlak om onbekende, met de zwaartekracht samenhangende grootheden te bepalen)