

1. **Conceptuele vragen [8 pnt]**

- (a) Alle objecten vallen even snel in vacuüm. Maar toch daalt een zware fietser (typisch) sneller dan een lichte fietser als er luchtwrijving is. Waarom? Geef enkele essentiële vergelijkingen om dit aan te tonen. [3 pnt]
- (b) In afwezigheid van wrijving zijn Newtons vergelijkingen tijdsreversibel. Dit wil zeggen dat als  $q^a(t)$  een oplossing is, met  $q^a(t)$  een veralgemeende coördinaat, dan is  $q^a(-t)$  ook een oplossing. Hoe zit het met een geladen deeltje in een magnetisch veld? Is dat systeem tijdsreversibel? Hoe zie je dit vanuit de Hamiltoniaanse beschrijving? [5 pnt]

2. **Лагранжев формализм [6 pnt]** Een massaloze <sup>1</sup> staaf  $AB$  met lengte  $R$  draait in een horizontaal vlak rond uiteinde  $A$  (een vast punt) met een constante hoeksnelheid  $\omega$ . In uiteinde  $B$  is de staaf met een ideaal scharnier verbonden aan een tweede massaloze <sup>2</sup> staaf  $BC$  met lengte  $\ell$ , welke ook enkel kan bewegen in het horizontale vlak waarin  $AB$  ronddraait. In uiteinde  $C$  tenslotte is een punt met massa  $m$  bevestigd. Er is geen wrijving <sup>3</sup>.

- (a) Onderzoek beweging van het systeem met de bewegingsvergelijkingen van Lagrange.
- (b) Toon aan dat er, mits gepaste beginvoorwaarden, een beweging mogelijk is waarbij  $BC$  steeds in het verlengde van  $AB$  blijft.
- (c) Onderzoek ook het gedrag indien aangenomen mag worden dat de beweging slechts weinig hiervan afwijkt.

3. **Schjinkrachten<sup>4</sup> [6 pnt]** Een kevertje beweegt met een constante snelheid over een draaitafel en volgt daarbij een cirkel met straal  $R$ , concentrisch met de draaitafel. Zij  $\mu$  de wrijvingscoëfficiënt tussen de spin <sup>5</sup> en de draaitafel, welke met een constante hoeksnelheid  $\omega$  ronddraait. Hoe snel kan de spin lopen, relatief ten opzichte van de draaitafel, alvorens ze begint te slippen? Behandel zowel het geval dat de spin met de draaizin van de schijf meebeweegt als in tegenzin bewegend.

---

<sup>1</sup>fysici...

<sup>2</sup>fysici...

<sup>3</sup>fysici...

<sup>4</sup>sic!

<sup>5</sup>metamorfose