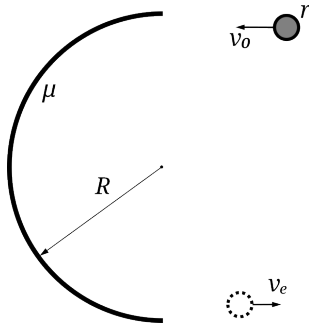


T1: Glijdende puck (10 pts)

Een puck (een kleine schijf) met straal r en uniforme dichtheid beweegt op een horizontaal vlak met snelheid v_0 zonder rotatie. De puck komt bij een vaste halfcirkelvormige wand met een straal $R \gg r$ en begint langs de wand te bewegen. De wrijvingscoëfficiënt met de wand is μ en wrijving met het horizontale vlak is verwaarloosbaar.



- a) (8 pts) Bereken de snelheid v_e van de puck als deze de wand verlaat.
- b) (2 pts) Schets de grafiek $v_e(\mu)$. Geef belangrijke kenmerken van de grafiek aan. Probeer de grafiek te schetsen, ook al heb je de exacte formule voor v_e nog niet gevonden.

T2: Ruimteschepen (10 pts)

Alice en Bob zijn tweelingastronauten op een lange ruimtemissie. Na vele jaren naderen ze elkaar eindelijk om zich te herenigen. Het ruimteschip van Alice beweegt naar het ruimteschip van Bob met een snelheid van $u = \frac{3}{5}c$, waarbij c de lichtsnelheid is.

Tijdens hun toenadering sturen Alice en Bob elkaar kadootjes. Alice stuurt kadootjes naar Bob met regelmatige tijdsintervallen Δt_0 in haar eigen referentiestelsel, waarbij elk kadootje reist met een snelheid $v = \frac{4}{5}c$ (opnieuw in haar referentiestelsel).

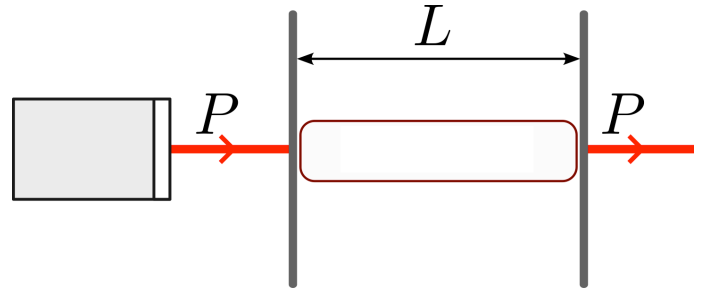
Op dezelfde manier stuurt Bob kadootjes naar Alice met dezelfde regelmatige tijdsintervallen Δt_0 in zijn eigen referentiestelsel, waarbij elk kadootje ook reist met een snelheid $v = \frac{4}{5}c$ in zijn referentiestelsel. Stel dat de afstand L tussen Alice en Bob zo groot is dat er op elk moment veel kadootjes onderweg zijn.

- a) (5 pts) In Bob's referentiestelsel, bereken:
 - (i) de afstand tussen twee opeenvolgende kadootjes verzonden door Alice, en
 - (ii) het tijdsinterval Δt_1 waarin deze kadootjes van Alice aankomen bij het ruimteschip van Bob.
- b) (5 pts) Op een bepaald moment ziet Alice een aantal kadootjes van haar af bewegen en een aantal cadeaus naar haar toe bewegen. Wat is de verhouding tussen deze twee getallen?

T3: Fabry-Pérot interferometer (10 pts)

Een Fabry-Pérot interferometer bestaat uit twee identieke parallelle vlakke spiegels op een afstand L van elkaar. De ruimte tussen en buiten de spiegels bestaat uit lucht. De spiegels zijn gedeeltelijk reflecterend; als licht langs de normaalrichting op een van deze spiegels wordt gericht, heeft de gereflecteerde bundel een intensiteit van $R < 1$ maal de intensiteit van de invallende bundel. Veronderstel dat de spiegels symmetrisch zijn, wat betekent dat ze op dezelfde manier interageren met licht dat van beide kanten binnenvalt, en verliesvrij zijn. Veronderstel ook dat ze sterk reflecterend zijn, dat wil zeggen $1 - R \ll 1$.

Een monochromatische laserstraal met een vermogen van P wordt loodrecht op de spiegels op de interferometer gericht. De afstand L wordt zo gekozen dat er geen teruggekaatste straal is, d.w.z. al het optische vermogen wordt door de interferometer doorgelaten.



- a) (3pts) Laat zien dat de laserstraal een faseverschuiving ϕ ongelijk aan nul moet krijgen als hij door één van de spiegels gaat.
- b) (2pts) Bereken de grootte van ϕ .
- c) (4pts) Op een bepaald moment wordt de invallende laserstraal snel uitgeschakeld. Bereken de totale energie van het licht dat terugkeert van de interferometer naar de laser nadat de laser is uitgeschakeld.
- d) (1pt) Schat de duur van de lichtpuls die terugreist naar de laser.