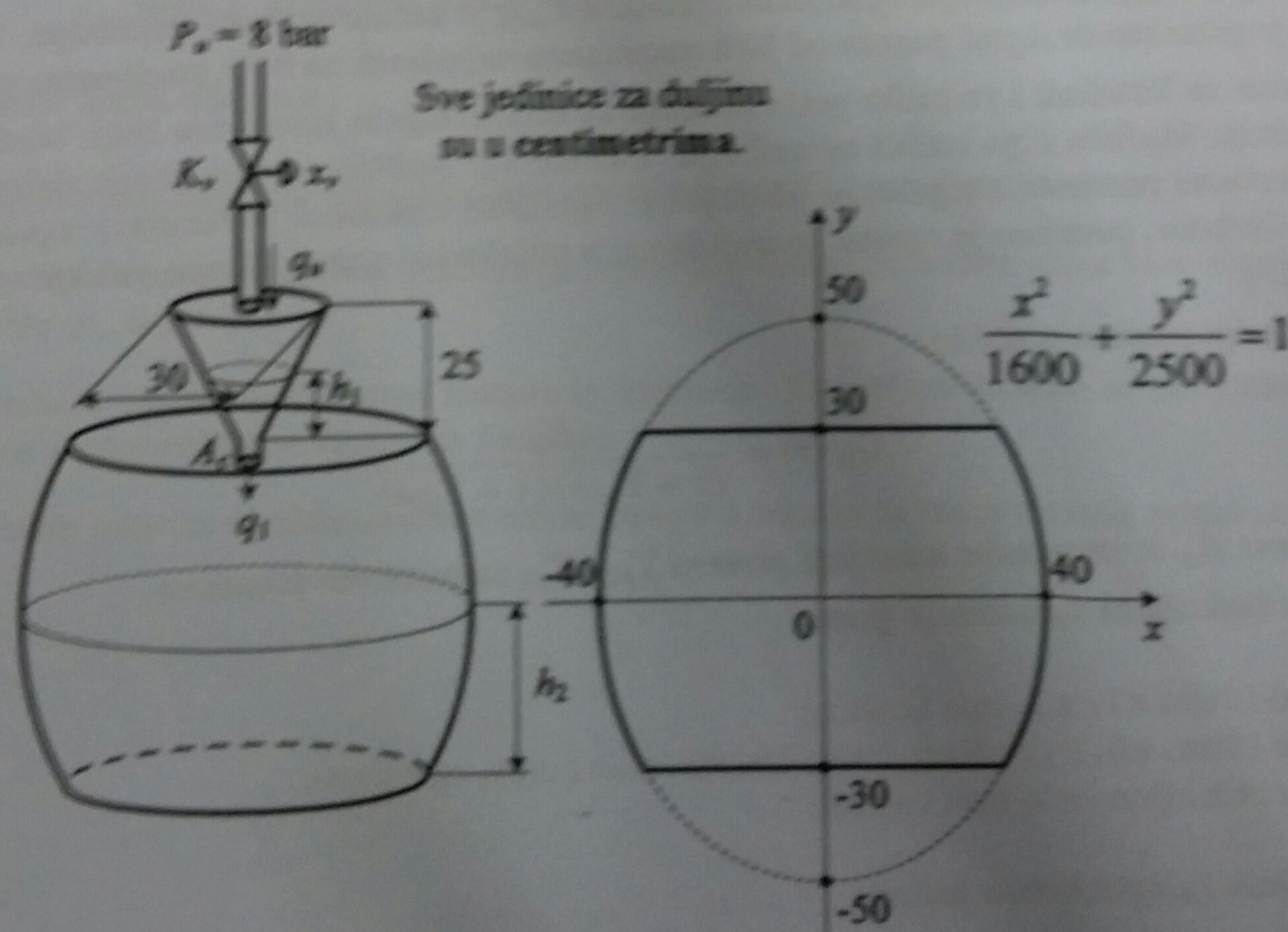


1. zadatak (12 bodova)

Zadan je sustav protoka tekućine prema slici 1. Tlak P_s predstavlja nadtlak prema atmosferskom tlaku, gubici u ulaznoj cijevi su zanemarljivi, brzina tekućine u lijevku i bačvi zanemarljiva je u odnosu na brzinu tekućine u cijevima. Sva strujanja su laminarna, a kontrakcija mlaza je zanemarljiva.

Uz konstantu ventila $K_v = 110.74 \text{ cm}^3/(\text{cm}^3 \cdot \text{s} \cdot \sqrt{\text{bar}})$ te poprečni presjek svih cijevi $A_c = 1 \text{ cm}^2$, potrebno je:

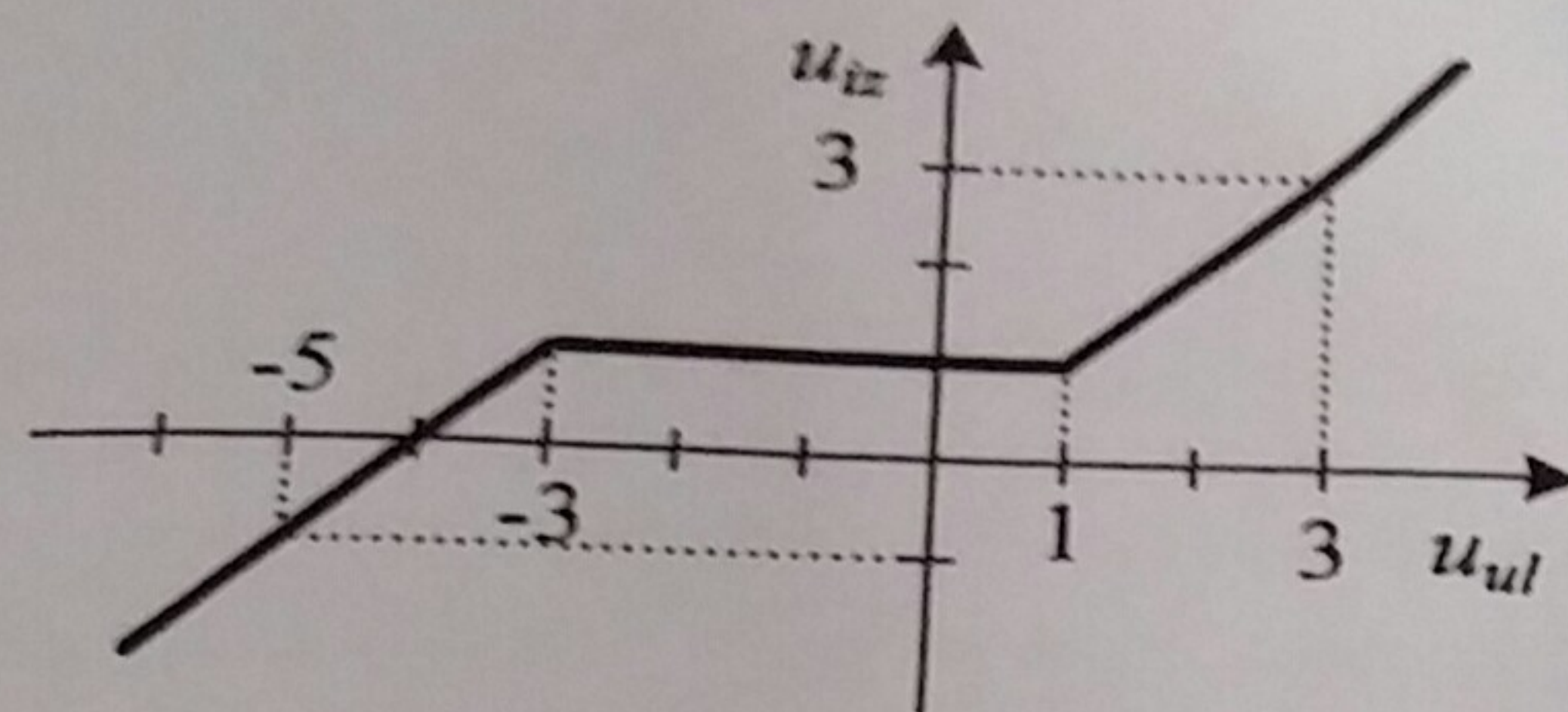
- (7 bodova) Nacrtati nelinearnu blokovsku shemu sustava (za Simulink);
- (1 bod) Odrediti maksimalnu otvorenost ventila x_{max} za koju se dolazi do prelijevanja tekućine iz lijevka;
- (2 boda) Odrediti linearizirani model sustava u radnoj točki određenoj s $x_{\text{rad}} = x_{\text{max}}$ i $H_{20} = 30 \text{ cm}$ (bačva napunjena do polovice);
- (1 bod) Opisati sustav u prostoru stanja uz izbor visina tekućina h_1 i h_2 kao varijabli stanja, protoka q_1 kao izlazne veličine sustava i otvorenosti ventila x_v kao ulazne veličine u sustav;
- (1 bod) Na temelju linearnog modela procijeniti minimalno vrijeme potrebno da se bačva napuni od polovice do 60% maksimalne visine.



Slika 1: Slika uz prvi zadatak

2. zadatak (6 bodova)

Nacrtajte shemu sklopa s operacijskim pojačalima sa stvarnim elementima (otpornici, diode, operacijska pojačala,...) za generiranje nelinearne karakteristike prema slici 2, te u mjerilu konstruirajte valni oblik izlaznog napona ako se na ulaz sklopa dovede napon u $u_{ul}(t) = 5\sin(2\pi t)$. Potrebno je objasniti način rada svakog dijela sklopa pripadnom jednačinom i/ili karakteristikom!



Slika 2: Nelinearna karakteristika sklopa.

3. zadatak (10 bodova)

Potrebno je napisati funkciju cilja za određivanje parametara PI regulatora regulacijskog sustava opisanog u Simulinku optimiranjem. Kriterij optimizacije računati na sljedeći način:

$$f_{krit} = t_p + \int_0^{T_{sim}} [e^2(t) + \alpha \dot{e}^2(t)] dt,$$

gdje je $e(t)$ regulacijsko odstupanje, t_p vrijeme porasta, a T_{sim} je zadano vrijeme simulacije. Vrijeme porasta je vrijeme koje je potrebno da signal poraste od 10% stacionarne vrijednosti na 90% stacionarne vrijednosti.

Nacrtajte shemu za Simulink i prikažite poziv funkcije za optimiranje iz komandne linije Matlaba. Upotrijebite ugrađenu funkciju Matlaba koja koristi ograničenja. Potrebno je funkciji za optimiranje definirati intervale dozvoljenih vrijednosti parametara regulatora (dovoljno je ograničiti vrijednosti parametara regulatora na pozitivne vrijednosti). Dodatno, potrebno je ograničiti nadvišenje u prijelaznoj pojavi izlazne veličine sustava na interval $\sigma_m \in [0\%, 30\%]$.

Prijenosna funkcija procesa je oblika:

$$G_p(s) = \frac{K_p}{(1 + T_{p1}s)(1 + T_{p2}s)}.$$

Pojačanje procesa K_p te vremenske konstante procesa T_{p1} i T_{p2} su pozitivne konstante.

Općeniti pozivi funkcija za optimiranje glase:

```
x = fminbnd(fun, x1, x2, options);
x = fmincon(fun, x0, A, b, Aeq, beq, lb, ub, nonlcon, options);
x = fminsearch(fun, x0, options);
```

Od ponuđenih funkcija upotrijebite jednu!

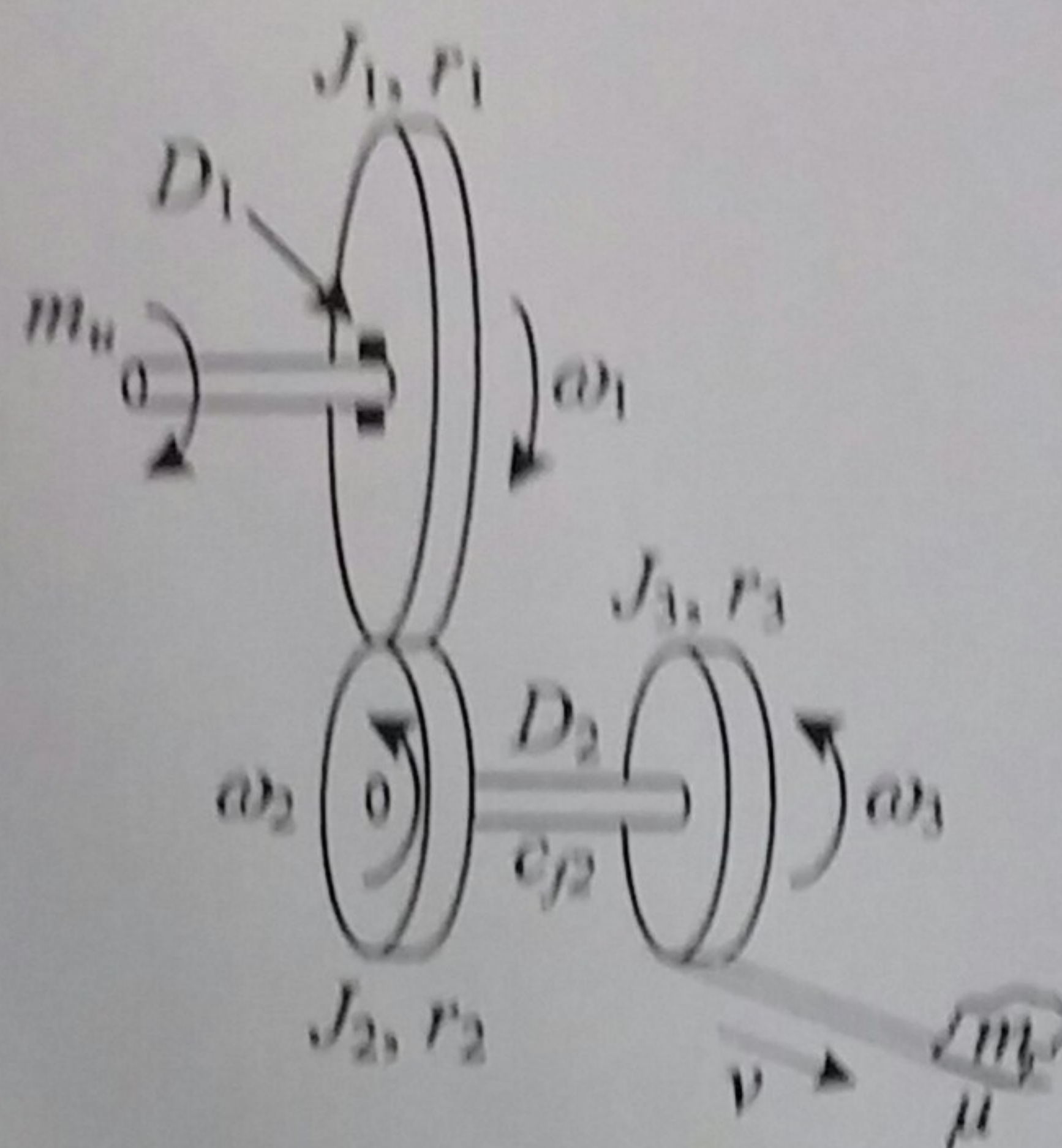
4. zadatak (12 bodova)

Zadan je rotacijski sustav prikazan na slici 3.

Ulazna veličina u sustav je moment m_u . Osovina između pogonskog stroja koji predaje ulazni moment sustavu i prve rotacijske mase je savršeno kruta (ne dolazi do nikakvog savijanja na njoj). No, trenje u ležajevima na prvoj masi preko kojih je osovina spojena na prvu masu nije zanemarivo. Moguće ga je okarakterizirati kao viskozno trenje s koeficijentom prigušenja D_1 .

Prva i druga masa su u kontaktu koji je idealan, tj. bez proklizavanja i trenja. Druga i treća rotacijska masa povezane su elastičnom osovinom s koeficijentom elastičnosti c_{f2} , koju dodatno karakterizira prigušenje u materijalu D_2 .

Tangencijalno je na treću masu spojena zupčasta letva zanemarive mase koja se giba linearnom brzinom v . Trenje je u kontaktu treće mase i letve zanemarivo, a proklizavanja nema. Na kraju letve nalazi se teret mase m . Koeficijent trenja između letve i podloge iznosi μ .



Slika 3: Rotacijski sustav s tarnim prijenosom i zupčastom letvom.

Za rotacijski sustav zadan slikom 3:

- (4 boda) Napišite diferencijalne jednadžbe koje opisuju dinamičko ponašanje sustava.
- (3 boda) Nacrtajte bond graf sustava, označite ga prema pravilima i pridružite crtice kauzalnosti. Na bond grafu označite brzine w_1 , w_2 , w_3 i v .
- (3 boda) Nacrtajte simulacijsku shemu sustava za Simulink. Dozvoljeni blokovi su integrator, blok s pojačanjem, sumator i izvor jedinične skokovite funkcije.
- (2 boda) Izvedite izraz za statičku ovisnost brzine letve v u odnosu na iznos ulaznog momenta m_u .