9 – Impulslikningen 1

TPS200 – Fluidmekanikk 1: Innføring

23-02-2022 – Endre Joachim Lerheim Mossige, Universitetslektor

Impulslikningen oppsummert

TABLE 6.1 Summary of the Linear Momentum Equation

Description	Equation	Terms
General equation	$\left(\sum \mathbf{F}\right)_{ext} = \frac{d}{dt}\int_{cv} \mathbf{v}\rho\, d\forall + \int_{cs} \rho\mathbf{v}(\mathbf{V}\cdot\mathbf{dA})$ Eq. (6.7)	$(\Sigma\mathbf{F})_{ext}$ = sum of external forces (N) t = time (s) $\mathbf{v}$ = velocity measured from the selected ref. frame (m/s) (must select a reference frame that is inertial) $\mathbf{v}_{cv}$ = velocity of CV from selected ref. frame (m/s) $\mathbf{V}$ = velocity measured from the control surface (m/s) ρ = density of fluid (kg/m^3) m_{cv} = mass of the matter inside the control volume (kg) $\dot{m}_o$ = mass flow rate out of the control volume (kg/s) $\dot{m}_i$ = mass flow rate into the control volume (kg/s)
Simplified equation Use this equation for most problems. Assumptions: (a) All particles inside the CV have the same velocity, and (b) when flow crosses the CS, the velocity is uniformly distributed.	$\left(\sum \mathbf{F}\right)_{ext} = \frac{d(m_{cv}\mathbf{v}_{cv})}{dt} + \sum_{cs} \dot{m}_o\mathbf{v}_o - \sum_{cs} \dot{m}_i\mathbf{v}_i$ Eq. (6.10) $(\Sigma\mathbf{F})_{ekst} = \rho\left(\sum_{cs} Q_o\mathbf{v}_o - \sum_{cs} Q_i\mathbf{v}_i\right)$	

Antakelser i tillegg til det som er nevnt: Stasjonær og inkompressibel strømning

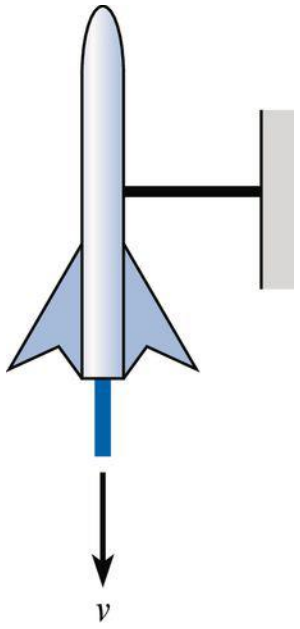
Agenda

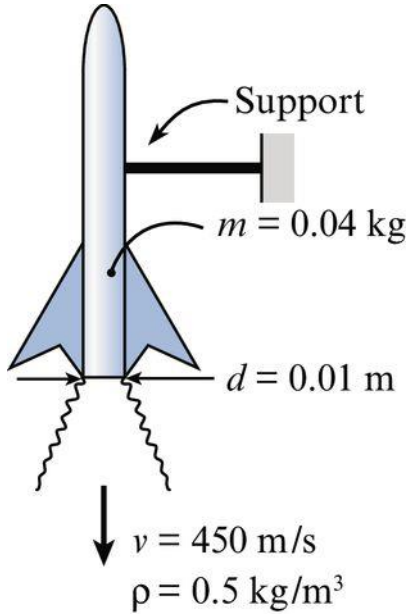
- Impulslikningen: Introduksjon
- Impulslikningen: Eksempler i 1-D
- Impulslikningen: Eksempler i 2-D
- Impulslikningen: Eksempler med dyser og rørbend



EFM Eksempel 6.1

- Rakett som er spent fast i en vegg
  - Rakettens vekt er W
- Anta stasjonær strømning
- Hva blir kraften F_r fra armen på raketten som holder raketten i ro?
- Uttrykk F_r ved ρ, v, A og W





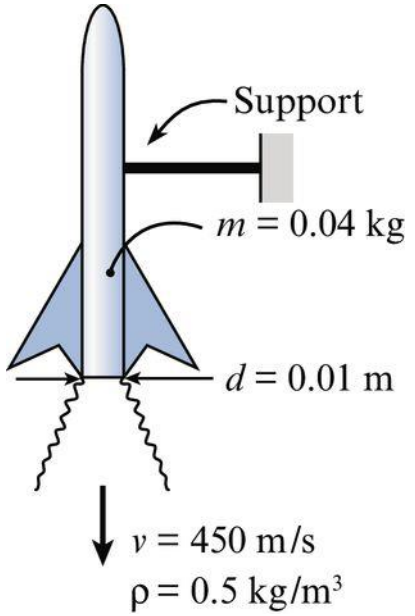
EFM Eksempel 6.1

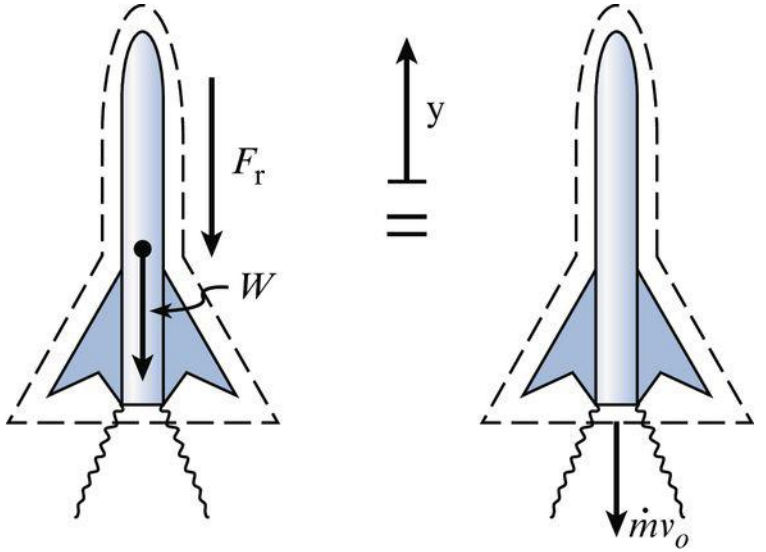
- Hva blir kraften fra armen på raketten som holder raketten i ro?
- Velg et godt kontrollvolum og tegn vektordiagrammer for krefter/bev.m.
- Alt skjer i y-retning – vi setter opp impulslikningen i y-retning

$$\Sigma F_y = \sum_{\text{cs}} \dot{m}_o v_{o,y} - \sum_{\text{cs}} \dot{m}_i v_{i,y}$$

$$-W - F_r = \sum_{\text{cs}} \dot{m}_o v_{o,y}$$

$$-W - F_r = \rho A v(-v)$$





Krefter Bevegelsesmengde

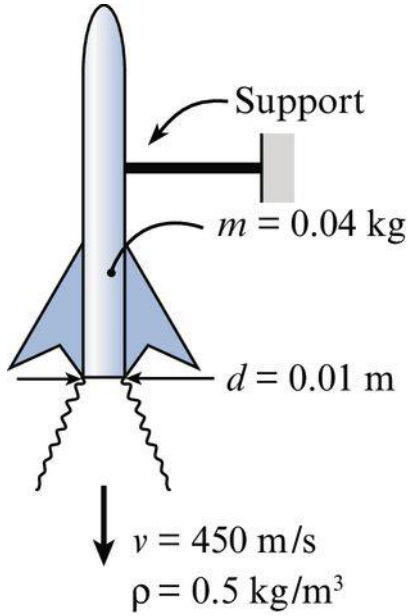
EFM Eksempel 6.1

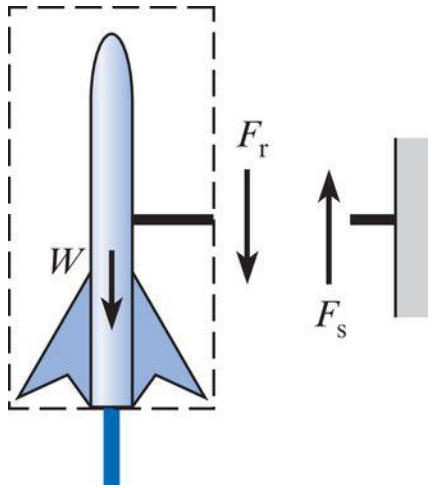
- Hva blir kraften fra armen på raketten som holder raketten i ro?

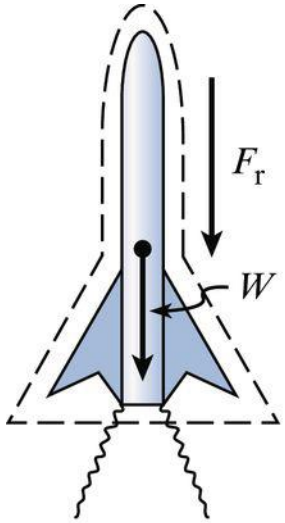
$$-W - F_r = \rho A v(-v)$$

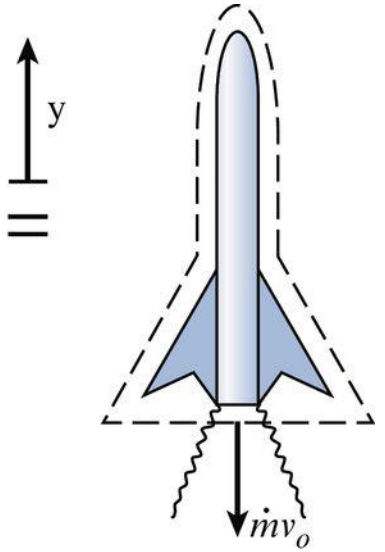
$$W + F_r = \rho A v^2$$

$$F_r = \rho A v^2 - W$$









Krefter

Bevegelsesmengde

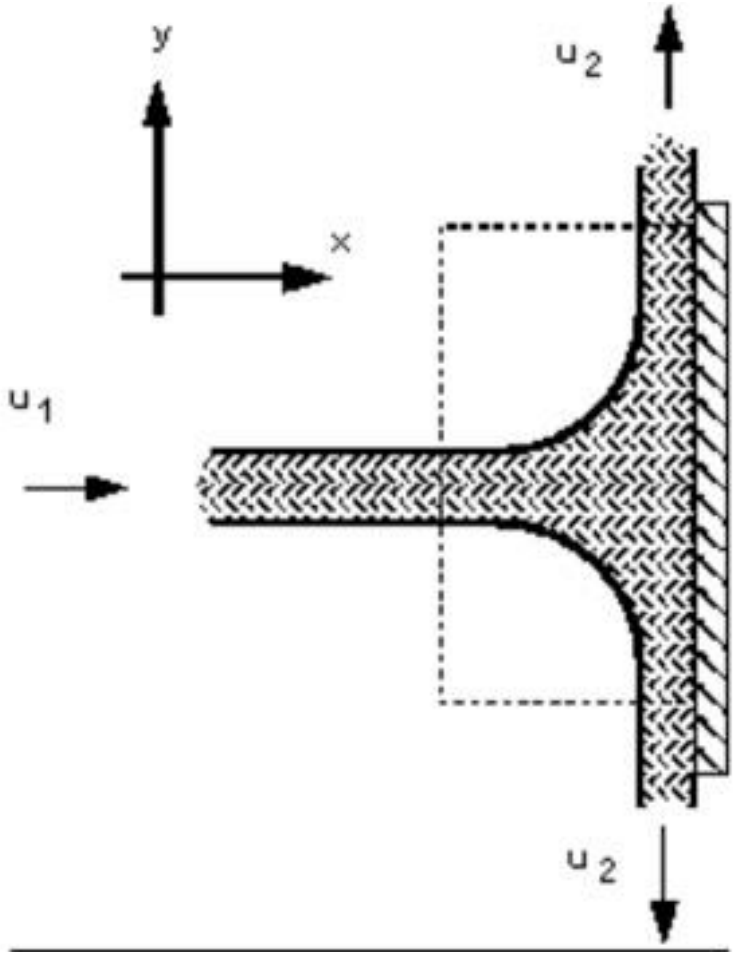
Agenda

- Impulslikningen: Introduksjon
- Impulslikningen: Eksempler i 1-D
- Impulslikningen: Eksempler i 2-D
- Impulslikningen: Eksempler med dyser og rørbend



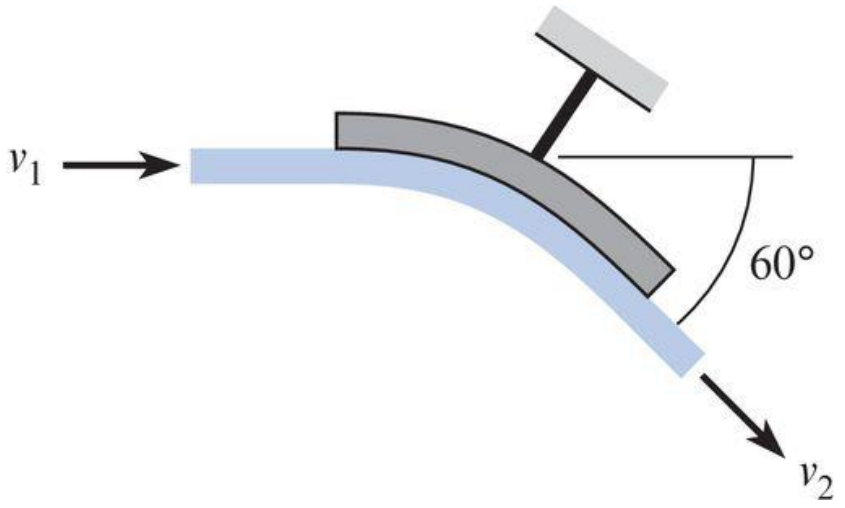
EFM Eksempel 6.3

- Vannstråle mot en vegg
- Hvor stor er kraften strålen påfører veggen (x-retning)?
- Anta konstant diameter på strålen og se bort fra tyngdekraften
- Tips: Sett opp kraftbalanse i x- retning



Individuell: EFM Eksempel 6.3

- En stråle bøyes av mot en skovl
- Oppgitte tallverdier vist i figur
- Anta konstant diameter på strålen og se bort fra tyngdekraften på skovlen
- Hva blir kraften fra strålen på den krumme flaten?
- Tips: Kraftbalanse i x- og y-retning ved bruk av impulslikning



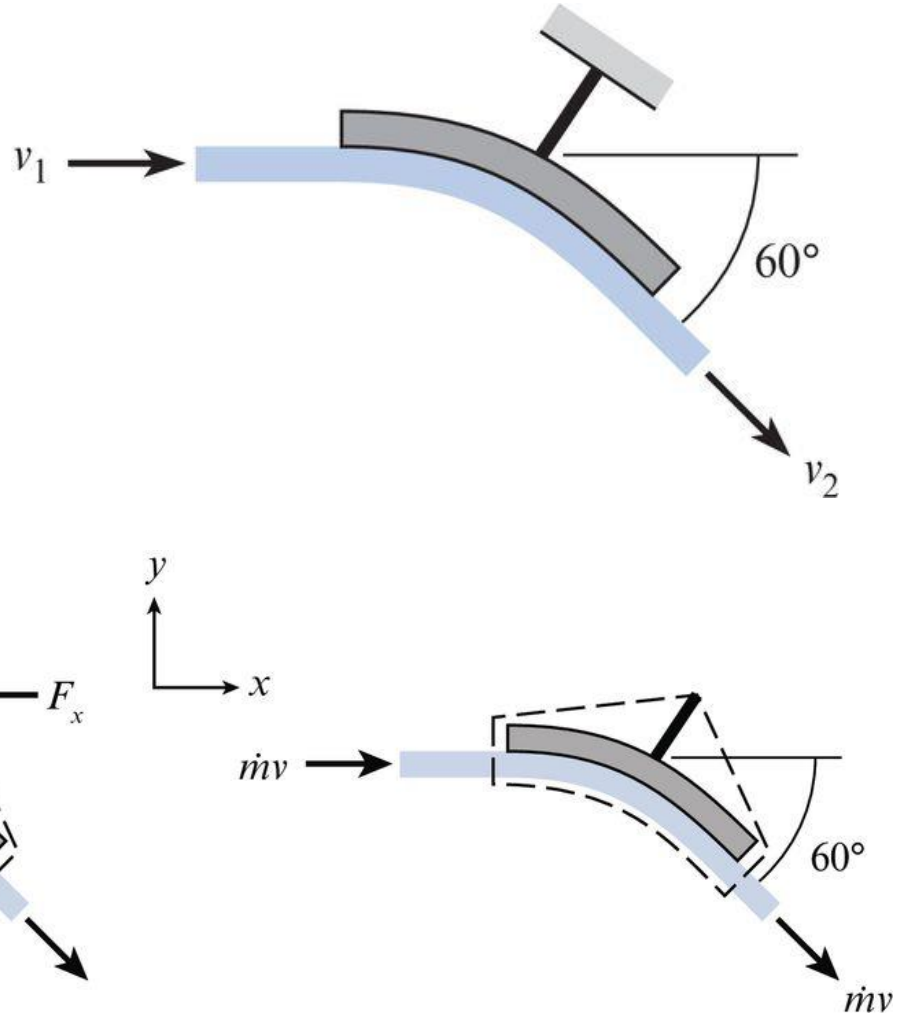
EFM Eksempel 6.3

- En stråle bøyes av mot en skovl
- Anta konstant diameter på strålen og se bort fra tyngdekraften på skovlen
- Hva blir kraften fra strålen på den krumme flaten?
- Tips: Kraftbalanse i x- og y-retning

  ved bruk av impulslikning

$$\sum F_x = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,x} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,x}$$

$$\sum F_y = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,y} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,y}$$



Krefter

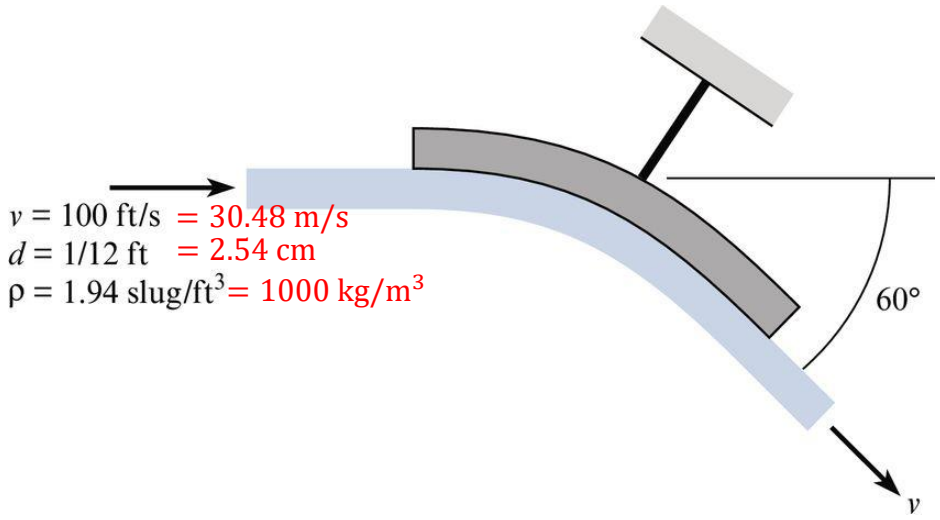
Bevegelsesmengde

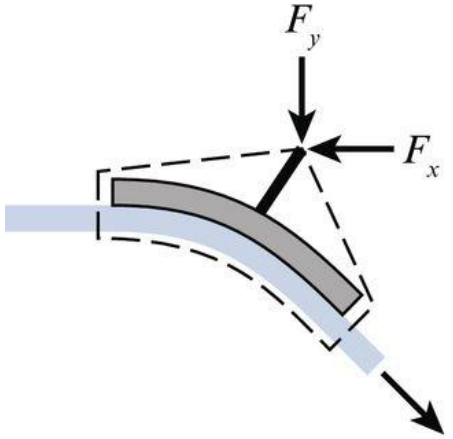
EFM Eksempel 6.3

- Hva blir kraften fra strålen på den krumme flaten?
- Vektordiagrammer
  - Krefter
  - Bevegelsesmengdetransport
- Impulslikning i x- og y-retning

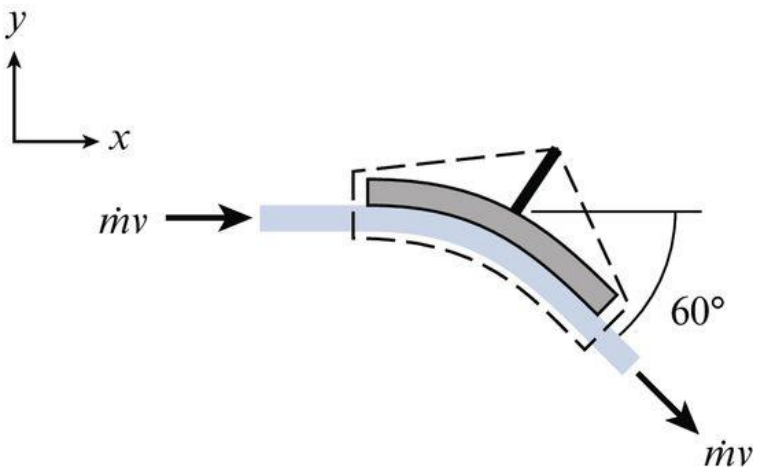
$$\sum F_x = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,x} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,x}$$

$$\sum F_y = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,y} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,y}$$





Krefter



Bevegelsesmengde

EFM Eksempel 6.3

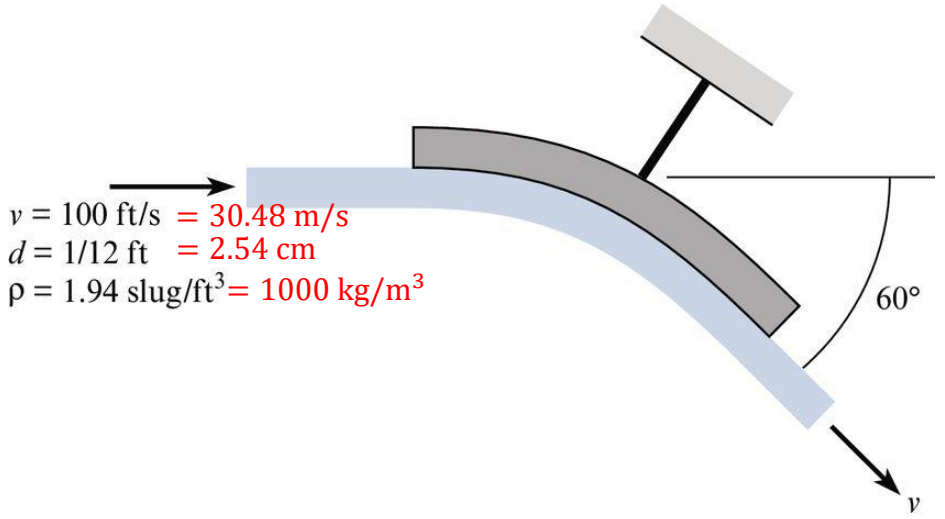
- Hva blir kraften fra strålen på den krumme flaten?
- Impulslikning i x- og y-retning

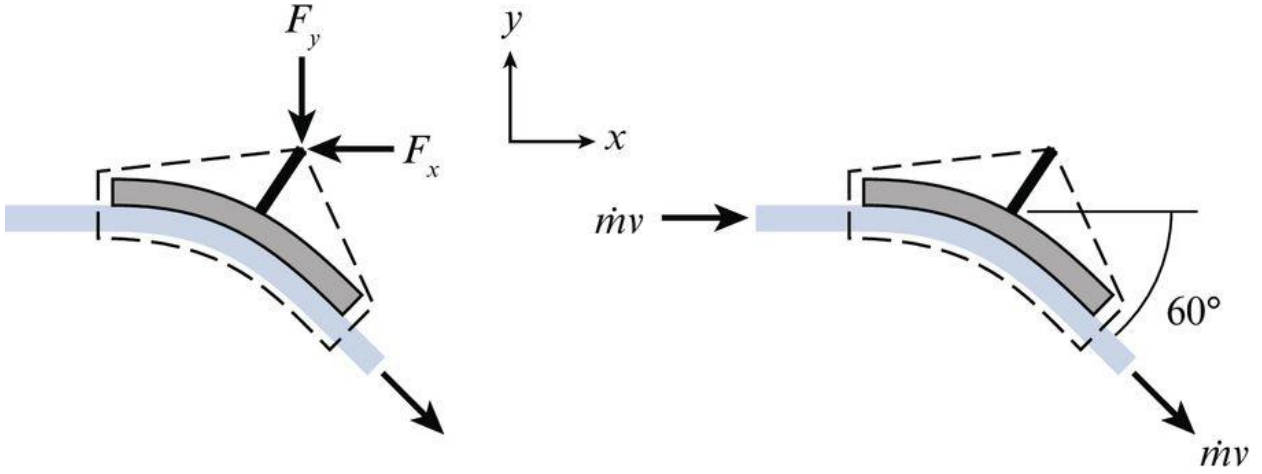
$$\Sigma F_x = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,x} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,x}$$

$$\Sigma F_y = \sum_{cs} \dot{m}_o v_{o,y} - \sum_{cs} \dot{m}_i v_{i,y}$$

$$-F_x = \dot{m}v\cos 60^\circ - \dot{m}v$$

$$-F_y = \dot{m}\,(-v\sin 60^\circ)$$





Krefter

Bevegelsesmengde

EFM Eksempel 6.3

- Hva blir kraften fra strålen på den krumme flaten?
- Impulslikning i x- og y-retning

$$-F_x = \dot{m}v\cos 60^\circ - \dot{m}v$$

$$-F_y = \dot{m}\,(-v\sin 60^\circ)$$

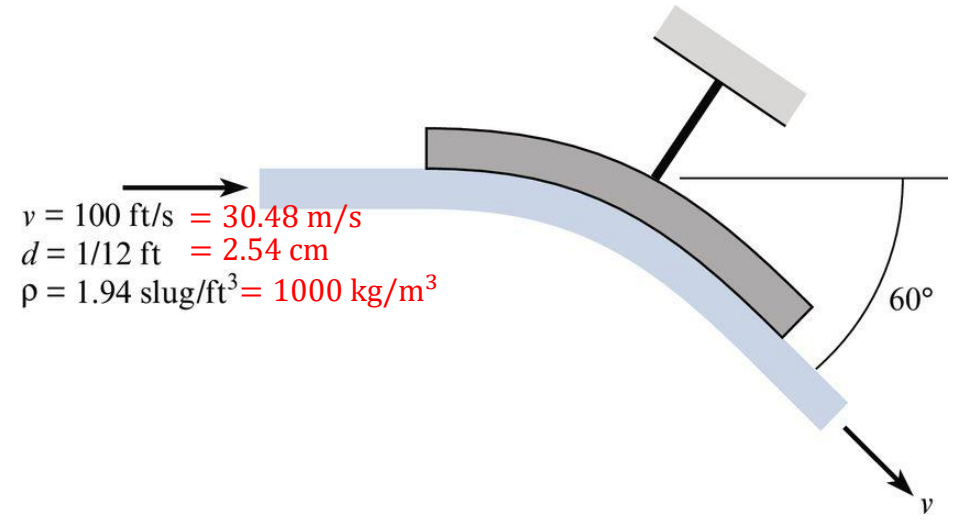
$$F_x = \dot{m}v(1-\cos 60^\circ) = \rho A v^2(1-\cos 60^\circ)$$

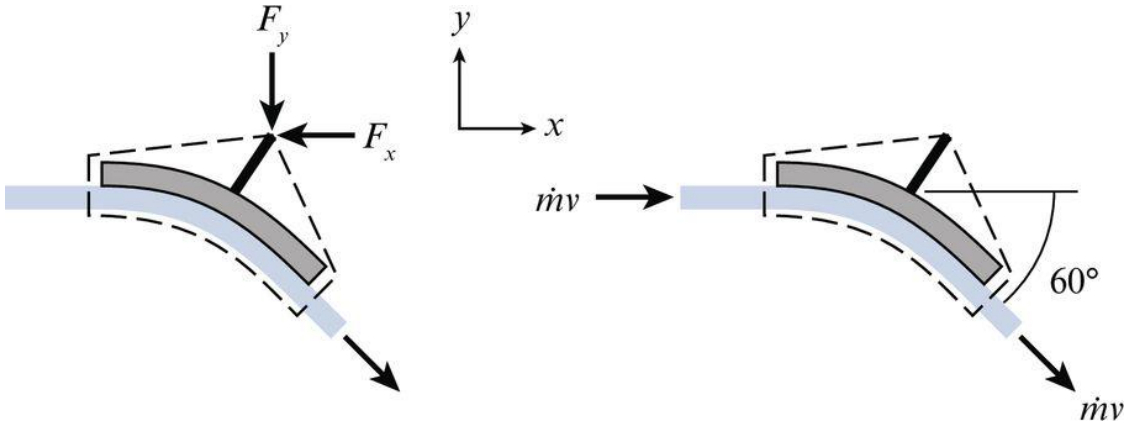
$$F_y = \dot{m}v\ \sin 60^\circ = \rho A v^2 \sin 60^\circ$$

$$\mathbf{F} = (-235.4\ \text{N})\mathbf{i} + (-407.7\ \text{N})\mathbf{j}$$

- Kraften *fra* strålen *på* skovlen er motsatt rettet iht. N's 3. lov:

$$\mathbf{F}_{\text{skovel}} = (235.4\ \text{N})\mathbf{i} + (407.7\ \text{N})\mathbf{j}$$





Krefter

Bevegelsesmengde