Hittil: Har sett på problem som involverer rotasjon om **fast** akse, dvs. aksen er fast i rommet (ingen bevegelse av rotasjonsaksen)

No: Skal sjå på problem som involverer bevegelse av rotasjonsaksen, men der **retninga** på aksen ikkje endrar seg.

Eksempel: rulling

- Rotasjonsaksen (gjennom c.m.) bevegar seg nedover skråplanet
- Rotasjonsaksen sin retning er fast (vinkelrett på papirplanet)

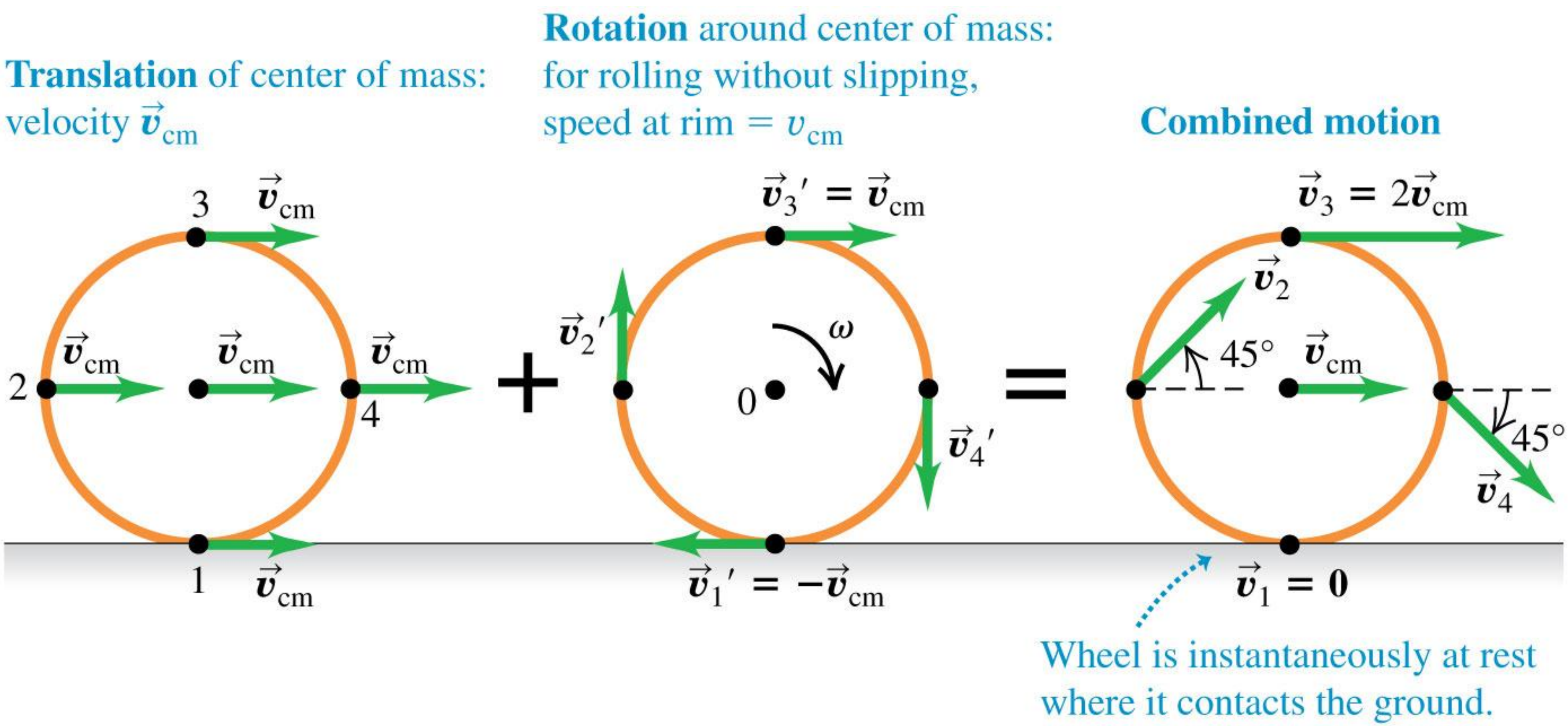
Bevegelsen er ein kombinasjon av translasjon og rotasjon

Påstand: Einkvar bevegelse av ein stiv lekam kan uttrykkjast som ein kombinasjon av translasjon av massesenteret og rotasjon om ein akse som går gjennom massesenteret.

Vi skal no vise dette for den kinetiske energien til lekamen.

Alternativ utleiing av betingelsen $v_{cm} = r\omega$ for rein rulling

Rullinga er ein kombinasjon av to bevegelsar:
translasjon av c.m. + rotasjon om akse gjennom c.m.



Ingen skliing i kontaktpunktet med bakken krev $v_1 = 0 \Rightarrow -r\omega + v_{cm} = 0 \Rightarrow v_{cm} = r\omega$

Friksjon ved rulling (I): Ikkje rein rulling

Vi antek perfekt stiv lekam og underlag.

Dersom <u>ikkje rein rulling (også kalla «sluring»): $v_{cm} \neq r\omega$</u>

Kontaktpunktet P mot underlaget er då ikkje i ro: $\vec{v}_P \neq 0$.

Det er difor relativ bevegelse mellom kontaktpunkt og underlag.
Ei eventuell friksjonskraft $\vec{f}$ i kontaktpunktet er difor kinetisk.

Storleiken til den kinetiske friksjonskrafta er $|\vec{f}| = \mu_k |\vec{N}|$
der $\vec{N}$ er normalkrafta frå underlaget og μ_k er kinetisk friksjonskoeffisient.

Retninga til den kinetiske friksjonskrafta er motsett retninga til den relative bevegelsen mellom kontaktpunkt og underlag, dvs. $\vec{f}$ har motsett retning av $\vec{v}_P$.

Dersom $v_{cm} > r\omega$ har $\vec{v}_P$ og $\vec{v}_{cm}$ same retning, dvs. $\vec{f}$ har motsett retning av $\vec{v}_{cm}$.
Dersom $v_{cm} < r\omega$ har $\vec{v}_P$ og $\vec{v}_{cm}$ motsett retning, dvs. $\vec{f}$ har same retning som $\vec{v}_{cm}$.

Friksjon ved rulling (II): Rein rulling

Vi antek framleis perfekt stiv lekam og underlag.

Dersom rein rulling: $v_{cm} = r\omega$

Kontaktpunktet P mot underlaget er då i ro: $\vec{v}_P = 0$.

Det er difor ingen relativ bevegelse mellom kontaktpunkt og underlag.
Ei eventuell friksjonskraft $\vec{f}$ i kontaktpunktet er difor statisk.

Storleiken til den statiske friksjonskrafta er begrensa som $|\vec{f}| < \mu_s|\vec{N}|$
der $\vec{N}$ er normalkrafta frå underlaget og μ_s er statisk friksjonskoeffisient.

Retninga til den statiske friksjonskrafta vil avhenge av problemet.

Ved rein rulling er forflytninga til P i løpet av tida dt lik $d\vec{s}_P = \vec{v}_P\, dt = 0\, dt = 0$.
Det tilhøyrande arbeidet friksjonskrafta som verkar i P gjer er $\vec{f} \cdot d\vec{s}_P = 0$.

Altså: Ved rein rulling er friksjonsarbeidet null, så ingen energi går tapt som varme.

Hastigheit til lekamar som rullar reint ned eit skråplan

Vi slepp 3 lekamar (kule, massiv sylinder og hol sylinder) frå ro i A. Lekamane rullar reint ned skråplanet. Kva lekam har størst fart i B?

Normalkrafta frå underlaget står vinkelrett på forflyttinga og gjer difor ikkje arbeid. Sidan lekamane rullar reint gjer heller ikkje friksjonskrafta arbeid. Dermed gjer kun tyngdekrafta arbeid

$\Rightarrow$ mekanisk energi K + U er bevart:

$$\Rightarrow K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$\Rightarrow mgh = \frac{1}{2} m {v_{cm}}^2 (1 + c)$$ (sjå tidlegare resultat)

Kule: c = 2/5
Massiv sylinder: c = ½
Hol sylinder: c = 1

$$\Rightarrow v_{cm} = \sqrt{\frac{2gh}{1 + c}}$$

Kula har minst c og får difor størst fart.

(Jo mindre c, jo mindre av kinetisk energi ligg i rotasjonen og jo meir ligg difor i translasjonen.)

Dynamikk for kombinert translasjon + rotasjon

Ser på system med bevegelse som består av translasjon av massesenteret + rotasjon om akse gjennom massesenteret

Dersom

1. rotasjonsaksen gjennom massesenteret er ein symmetriakse, og
2. rotasjonsaksen ikkje endrar retning,

kan vi bruke N2-rot på forma

$$\sum \tau_z = I_{cm}\alpha_z$$

for å beskrive rotasjonsbevegelsen. Denne likninga er altså gyldig også når rotasjonsaksen bevegar seg, såframt 1+2 er oppfylt.