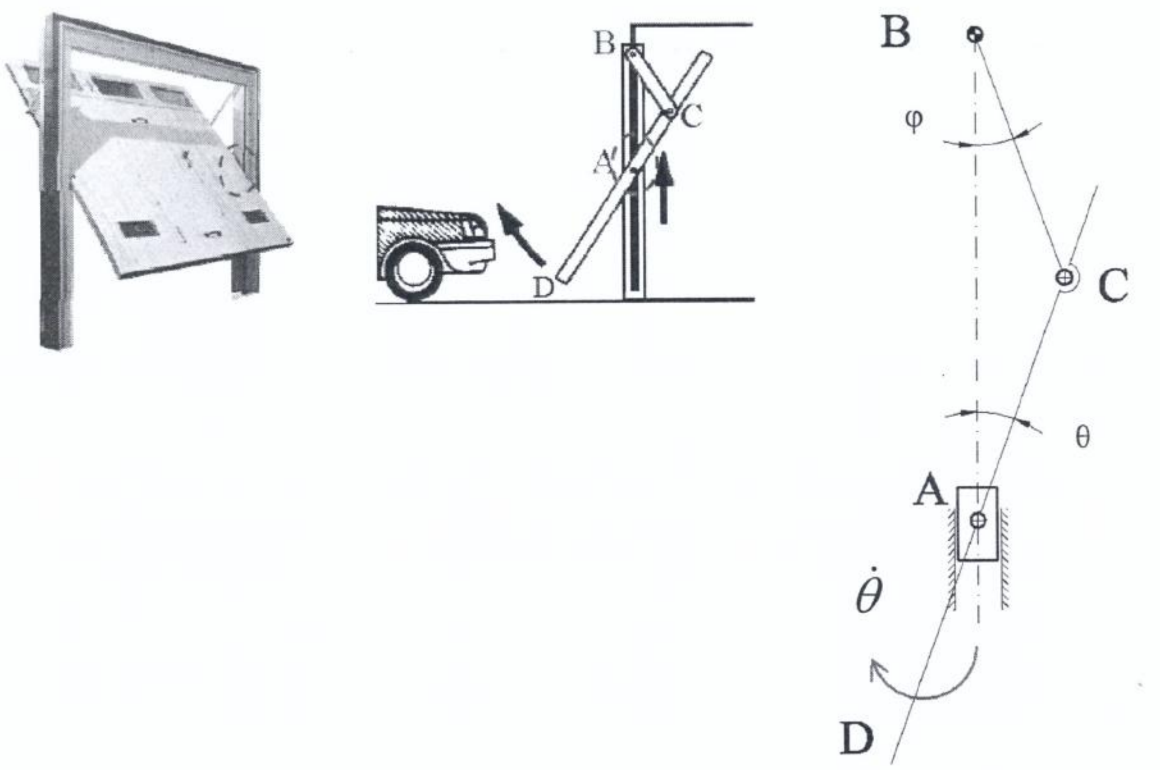
NUMERO: 2100A- ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Marco Corino

MATERIA: Meccanica delle macchine - Prof. Quaglia

1



a) b) c)

Porta basculante per garage

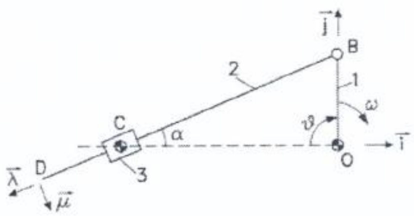
Una porta basculante da garage è movimentata mediante il meccanismo articolato in figura. Sono noti: BC=CA=40cm; $\theta=\varphi=20°$. Assegnata una velocità di rotazione della porta oraria e costante $\dot{\vartheta}=0{,}5$ rad/s, determinare velocità e accelerazione angolare della manovella CB.

Manovellismo di secondo genere 2

Nel meccanismo raffigurato la manovella *1* ruota in verso orario alla velocità $\omega_1=5$ rad/s costante. L'asta *2* può scorrere all'interno del cursore *3*, incernierato nel punto fisso *C*.

Sono noti: la lunghezza della manovella *OB*=250 mm e l'interasse tra le cerniere fisse *OC*=600 mm.

Nell'istante in cui $\theta=90°$ calcolare: la velocità di *B*; la velocità relativa del punto *C* rispetto al sistema di riferimento λ, μ solidale al cursore 3, la velocità di *C* intorno a *B*; la velocità angolare dell'asta *2* e l'accelerazione angolare dell'asta *2*.



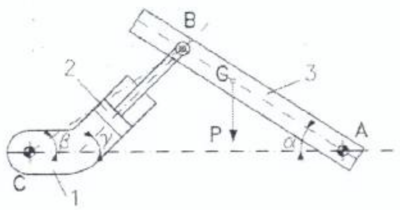
[$V_B = 1.25$ m/s; $V_{rC} = 1.154$ m/s; $V_{C/B} = 0.481$ m/s;
$\omega_2 = 0.74$ rad/s; $\dot{\omega}_2 = 6.25$ rad/s^2]

5 ✓

Sollevatore idraulico: statica

Nel meccanismo raffigurato l'elemento *1* può ruotare intorno alla cerniera fissa *C*. Il pistone *2* (di diametro 0.2 m) è vincolato nel punto *B* al pianale *3*, incernierato a sua volta nel punto fisso *A*.

Determinare: la pressione con cui deve essere alimentato il cilindro per avere l'equilibrio statico del sistema e calcolare il modulo della reazione vincolare in *B*.



Dati:

$\alpha=\beta=30°$, $\gamma=45°$, $BA=4$ m, $AG=2.5$ m, $P=20$ kN (peso del pianale *3*).

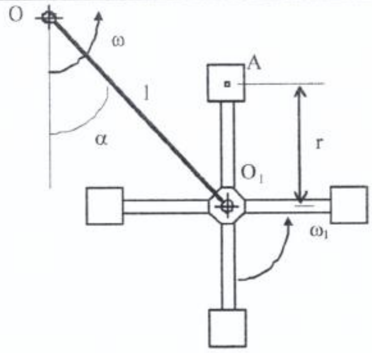
[$R_B = 12.5$ kN; $p = 384329$ N/m^2]

6 ✓

Giostra

In figura è rappresenta in pianta una giostra. Il braccio OO_1 ruota a velocità angolare ω costante intorno ad un asse fisso passante per O. Alla sua estremità O_1, tramite una cerniera, è vincolata una struttura a croce, la cui velocità angolare assoluta è ω_1, portante ad ogni estremo i sedili. Sia A il centro di un sedile.

Nella configurazione di figura calcolare: 1) la velocità e l'accelerazione di A nell'ipotesi di assenza di moto angolare relativo nella cerniera O_1; 2) la velocità e l'accelerazione di A nell'ipotesi di velocità angolare ω_1 costante e pari a $\omega_1 = 3$ rad/s.



Dati:

$l = 5$ m; $r = 1$ m; $\alpha = 45°$; $\omega = 1$ rad/s.

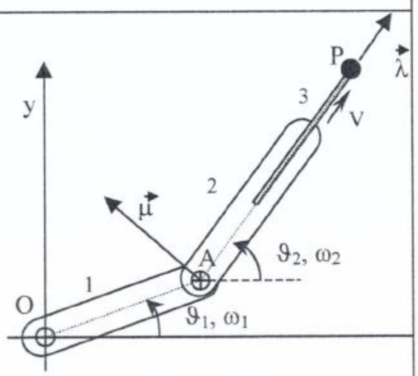
[1) $V_A = 4.35$ m/s, $a_A = 4.35$ m/s^2; 2) $V_A = 3.57$ m/s, $a_A = 6.5$ m/s^2]

7 ✓

Robot

In figura è rappresentato un braccio articolato di robot, costituito da tre corpi rigidi 1, 2 e 3. Il braccio 1 ruota intorno al punto fisso 0; il braccio 2 è incernierato in A al braccio 1; il braccio 3 può scorrere in una scanalatura presente nel braccio 2. All'estremità del braccio 3 è posta la sfera P.

Nell'ipotesi che: il braccio 1 abbia una velocità angolare ω_1 costante, il braccio 2 abbia una velocità angolare assoluta ω_2 costante e il braccio 3 abbia una velocità di fuoriuscita V costante, rispetto al braccio 2, determinare nell'istante considerato la velocità e la accelerazione assolute della sfera P.



Dati:

$OA = 100$ mm, $AP = 200$mm, $\vartheta_1 = 30°$, $\vartheta_2 = 60°$; $\omega_1 = 1$ rad/s; $\omega_2 = 2$ rad/s; $V = 0.1$ m/s.

[$V_P = 0.5$ m/s; $a_P = 0.994$ m/s^2]

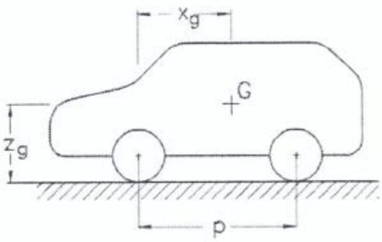
Automobile in partenza 12 V

Un'autovettura a trazione posteriore si trova in condizioni di partenza da fermo. Calcolare: la coppia massima applicabile all'assale delle ruote motrici per partire in condizioni di aderenza limite; l'accelerazione corrispondente; le reazioni del terreno corrispondenti.

Dati:

M = 1360 kg (massa totale della vettura); p = 2.3 m (passo delle ruote); D = 650 mm (diametro delle ruote); X_g= 1.30 m, Z_g = 0.72 m (coordinate del baricentro complessivo); m = 10 kg (massa di una ruota); ρ= 0.2 m (raggio di inerzia delle ruote); f_a = 1 (coefficiente di aderenza ruota/strada).

[C_m = 3586 Nm; $\ddot{x}$ = 8.02 m/s^2 ; N_A = 2.37 kN; T_A = 60.73 N; N_P= 10.97 kN; T_P = 10.97 kN]



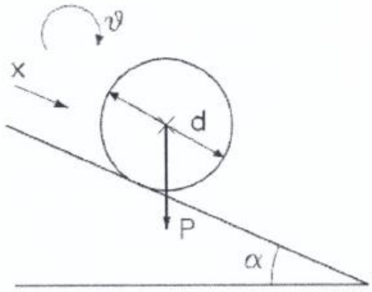
Rullo su piano inclinato 13 V

Un rullo si muove su un piano inclinato dell'angolo α rispetto all'orizzontale. Determinare per α=10° e per α=45° il tempo impiegato dal rullo a percorrere un tratto di piano inclinato lungo 200 m e il numero di giri effettuato in tale periodo. Il rullo parte con velocità iniziale nulla.

Dati:

d = 1 m (diametro del rullo); P = 100 kN (peso del rullo); f_a = 0.20 (coefficiente di aderenza), f_d = 0,15 (coefficiente di attrito), u = 2 cm (parametro di attrito di rotolamento).

[α = 10°: t = 21.34 s, n = 63.66 giri; α = 45°: t = 8.24 s, n = 16.5 giri]



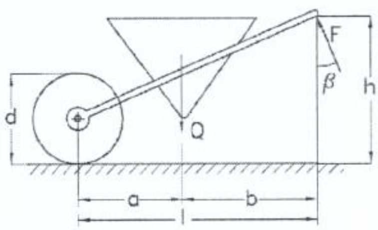
Carriola 14 V

Per la carriola rappresentata in figura determinare: la forza *F* necessaria a farla avanzare a velocità costante e l'angolo *β* di cui la forza è inclinata rispetto alla verticale.

Dati:

M = 80 kg (massa della carriola e del suo carico); u = 10 mm (parametro d'attrito volvente); d_P = 30 mm (diametro del perno); f = 0.2 (coefficiente di attrito nel perno); l = 1.2 m, a = 0.7 m, b = 0.5 m, d = 0.4 m, h = 0.9 m.

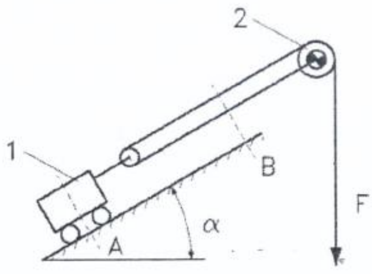
[F = 444 N; β = 2.86°]



Carrello su piano inclinato 15 V

Il carrello 1, avente massa m_1 = *50 kg*, si muove sul piano inclinato di un angolo α = *30°*. Inizialmente, con carrello in posizione *A*, il sistema è in quiete. Nota la massa della puleggia 2, m_2 = *4 kg*, trascurando gli attriti, determinare la velocità del carrello in corrispondenza del punto *B* ($\overline{AB}$=2 m) quando viene applicata una forza costante *F* = *250 N*.

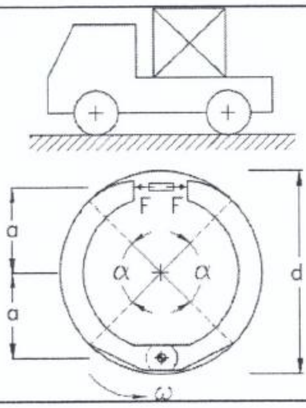
[*V* = 4.19 m/s]



Frenatura di un autocarro 20

Un autocarro compie una brusca frenata con una decelerazione costante di 3 m/s^2, partendo da una velocità iniziale di 50 km/h. Sul pianale dell'autocarro è posta una cassa. L'azione frenante è ottenuta mediante due coppie di freni a ceppi posti sulle ruote posteriori; ogni coppia ha le dimensioni indicate in figura.
Calcolare: tempo e spazio di frenata dell'autocarro; il minimo valore del coefficiente di aderenza cassa/pianale affinchè in frenata la cassa non scivoli in avanti; la forza F che deve essere applicata all'estremità di ogni ceppo.
Dati: massa dell'autocarro M = 3600 kg; massa della cassa m = 400 kg; coefficiente di attrito ceppo/tamburo f = 0.25; diametro ruote autocarro D = 0.8 m; d = 60 cm; a = 20 cm; α = 90°.

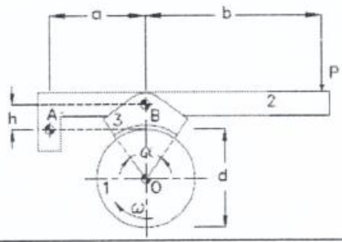
[t = 4.63 s; x = 32.15 m; f_{amin} = 0.306; F = 6035 N]



Freno a ceppi ad accostamento libero 21

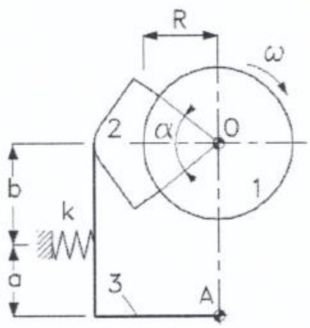
Il tamburo 1 è soggetto all'azione frenante del peso P agente tramite la leva 2 ed il ceppo 3. Calcolare: la coppia C da applicare affinchè il tamburo ruoti a velocità costante e la reazione vincolare in A.
Dati: P = 100 N; f = 0.4 (coefficiente di attrito ceppo/tamburo); a = 15 cm; b = 30 cm; d = 22 cm; h = 5 cm; α = 80°.

[C = 13.88 Nm; R_A = 244.78 N]



Freno a ceppi ad accostamento rigido 22

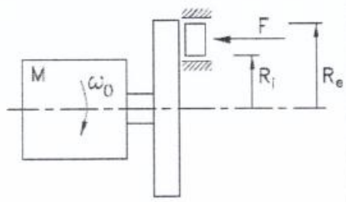
In figura è rappresentato un freno a ceppi ad accostamento rigido. Esso agisce su un tamburo 1, mediante l'azione della molla precaricata che fornisce una forza F0. La molla è collegata alla leva 3, incernierata in A, cui è solidale il ceppo 2. Nota la geometria del sistema, il coefficiente di attrito ceppo-tamburo f, il momento di inerzia I del tamburo 1, la velocità di rotazione iniziale ω0, disegnare il diagramma di corpo libero del tamburo 1 e del sistema leva 3 + ceppo 2 e calcolare il valore della forza F0 per ottenere l'arresto del tamburo in 10 s.
Dati: R = 200 mm; a = 150 mm; b = 250 mm; α = 80°; I = 0.5 kgm2; f = 0.35; ω0 = 1200 giri/min.



Freno a disco ad accostamento rigido 23

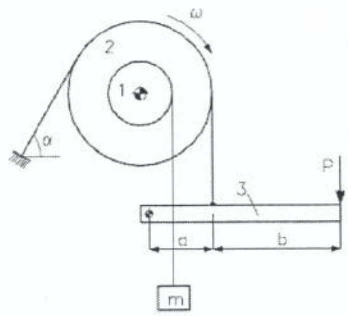
E' dato il freno a disco di figura. Calcolare la forza F che deve essere applicata per arrestare il sistema in un tempo pari a 10 secondi.
Dati:
M = 100 kg, ρ = 0.3 m (massa e raggio di inerzia delle parti rotanti); ω_0 = 1500 giri/min; R_i = 15 cm, R_e = 20 cm (raggio interno e raggio esterno pastiglia); f = 0.3 (coefficiente di attrito pastiglia/disco).

[F = 2.69 kN]



Freno di emergenza a nastro 24

Un apparecchio di sollevamento è costituito da un tamburo 1, su cui si avvolge una fune a cui è appeso un carico di massa m. Sullo stesso asse del tamburo 1 è calettato il tamburo 2, facente parte di un freno di emergenza a nastro che deve intervenire in caso di mancanza di corrente al motore. In tale caso viene applicata la forza P, tramite la leva 3, ad un'estremità del nastro del freno che così interviene. Supponendo che, quando i tamburi 1 e 2 stanno ruotando ad una velocità n0=32 giri/min, nel verso indicato (carico in discesa) manchi corrente al motore e intervenga istantaneamente il freno, calcolare la coppia frenante Cf del freno e il tempo T necessario affinchè il carico m si arresti.
Dati: D1 = 350 mm (diametro tamburo 1); D2 = 800 mm (diametro tamburo 2);
P = 800 N; m = 420 kg; I = 52 kg·m2 (momento di inerzia delle parti rotanti);f = 0.22 (coefficiente di attrito nastro/tamburo);a = 300 mm; b = 650 mm; α = 60°.



25

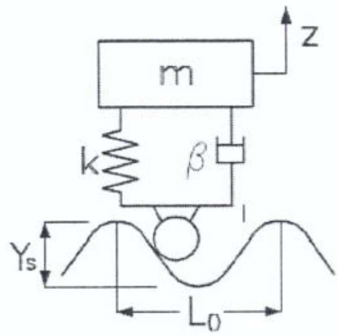
Sospensione di autoveicolo

In figura è rappresentato uno schema equivalente di una sospensione automobilistica, su cui grava la massa m. Si suppone che la vettura percorra a velocità costante v una strada uniformemente ondulata, caratterizzata da un passo L_O e da un'altezza Y_S delle ondulazioni.
Ricavare il moto assoluto della massa, indicandone l'ampiezza e lo sfasamento delle oscillazioni rispetto alle ondulazioni della strada.

Dati:

m = 250 kg; k = 80000 N/m; β = 5000 Ns/m; L_O = 8 m, Y_S = 0.02 m (passo e altezza "picco-picco" delle ondulazioni); v = 72 km/h.

[z_0 = 0.0139 m; φ = 32.4°]



26

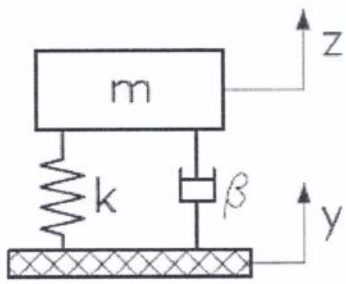
Massa su piano vibrante

Una massa m è collegata ad un piano vibrante mediante una molla di rigidezza k ed uno smorzatore con costante di smorzamento β. Il piano vibra con una pulsazione Ω e ampiezza A. Determinare: il moto a regime della massa, relativo al piano vibrante, l'ampiezza x_0 e lo sfasamento φ dell'oscillazione.

Dati:

m = 10 kg; k = 100 kg/mm; β = 10 kgs/mm; Ω = 10 rad/s; A = 2 mm.

[$x_0 = 1.44\cdot10^{-3}$ mm; φ = 45°]



27

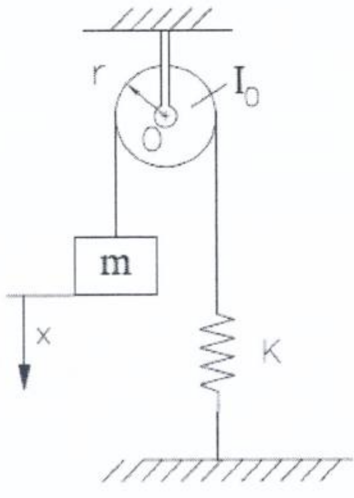
Oscillazioni libere

È assegnato il sistema massa-molla-puleggia rappresentato in figura.
Si ipotizzi aderenza fra fune e puleggia ed attrito nullo nel perno 0.
Calcolare la pulsazione naturale del sistema.

Dati:

r = 150 mm, I_0 = 0,2 kg·m^2 (raggio e momento d'inerzia baricentrico della puleggia);
m = 5kg (massa sospesa); K = 540 N/m rigidezza della molla.

[ω_n = 6.24 rad/s]



28

Trasmissione con ruote dentate a denti diritti

La trasmissione schematizzata in figura è costituita da tre ruote dentate a denti diritti 1, 2, 3, in cui la ruota 3 è oziosa. Calcolare, nei due casi di rotazione oraria ed antioraria della ruota conduttrice 1, la forza R agente sull'albero della ruota 3.

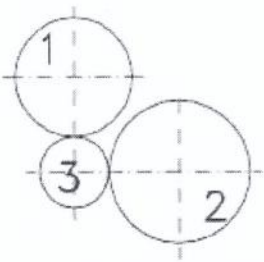
Si considerino trascurabili gli attriti e i pesi delle ruote.

Dati:

z_3 = 40 (numero di denti della ruota 3); n_3 = 360 giri/min (numero di giri della ruota 3);

m = 6 mm (modulo delle ruote dentate); α = 20° (angolo di pressione); P = 5 CV (potenza trasmessa dalla ruota 1).

[R_{orario} = 1567 N; $R_{antiorario}$ = 730.7 N]



29

Riduttore a denti diritti

Il sistema in figura trasmette il moto da un gruppo motore ad un gruppo utilizzatore.

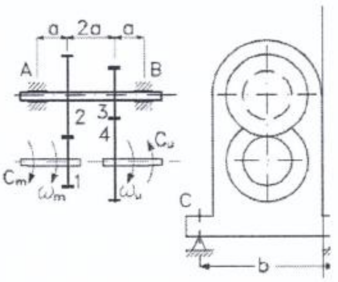
Determinare: il rapporto di trasmissione i; le reazioni in A e B; la coppia di reazione vincolare C_S e le forze R_C e R_D sui supporti.

Dati:

$z_1 = z_3 = 17$, $z_2 = z_4 = 52$ (numero di denti delle ruote); m = 2.5 mm (modulo delle ruote), α = 20° (angolo di pressione); C_m = 10 Nm (coppia motrice);

ω_m = 3000 giri/min (velocità del motore); b = 180 mm.

[i = 9.356; R_A = 259.5 N; R_B = 1056 N; C_S = 83.56 Nm; $R_C = R_D$ = 464 N]



30

Riduttore epicicloidale 1

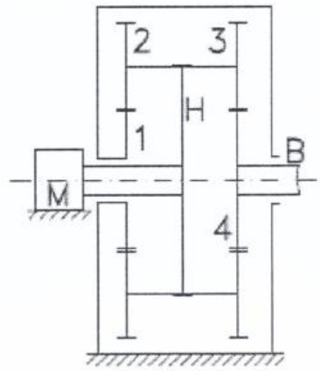
Un motore M eroga una potenza P ad una velocità n. L'albero B viene posto in rotazione attraverso un rotismo epicicloidale, formato dal portatreno H e dalle ruote dentate cilindriche a denti diritti 1, 2, 3 e 4. Al portatreno sono collegate complessivamente due coppie di ruote satelliti.

Calcolare: il rapporto di trasmissione $i = \omega_M/\omega_B$ realizzato dal riduttore; le forze scambiate tra le coppie di ruote z_1- z_2 e z_3- z_4 supponendo un solo dente in presa per ogni ruota; la coppia di reazione della struttura di sostegno C_R.

Dati:

z_1 = 97, z_2 = 17, z_3=18 (numero di denti delle ruote dentate); m = 5 mm (modulo di tutte le ruote dentate), α = 20° (angolo di pressione); P = 1.2 kW; n = 300 giri/min.

[i = -14.32; $F_{1\text{-}2}$ = 1284 N; $F_{3\text{-}4}$ = 1212 N; C_R = 585 Nm]



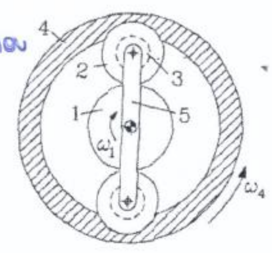
31

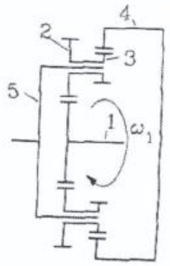
Riduttore epicicloidale 2

Nel riduttore epicicloidale in figura, il solare 1 ruota a 400 giri/min e la corona 4 ruota a 50 giri/min. I versi di rotazione sono quelli indicati (opposti)

Le ruote hanno i numeri di denti seguenti: Z_1=15, Z_2=25, Z_3=15, Z_4=55. Le ruote 2 e 3 sono rigidamente collegate tra di loro.

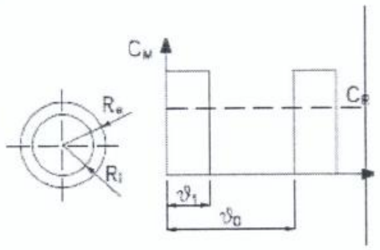
Calcolare la velocità angolare del portatreno 5, la velocità angolare della ruota 2 e il rapporto di trasmissione $i_{1/5}$.





Sistema a regime periodico 35 V

Un motore bicilindrico fornisce una coppia motrice C_M, in funzione dell'angolo di rotazione ϑ, approssimabile secondo il diagramma indicato in figura. Si conosce la potenza media sviluppata P alla velocità media di rotazione ω. Al motore è collegato un utilizzatore che assorbe una coppia C_R costante. Sull'albero motore è calettato un volano in acciaio, (rappresentato in figura.)



Calcolare: la coppia resistente dell'utilizzatore; la coppia massima fornita dal motore; il momento d'inerzia del volano; il grado di irregolarità periodica; la velocità massima e minima del motore.

Dati:

P = 24 CV; ω = 4000 giri/min;

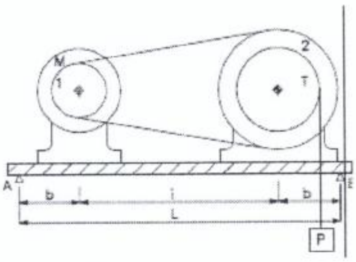
$\theta_0 = 2\pi$, $\theta_1 = \theta_0 /3$;

R_i = 90 mm, R_e = 120 mm (raggio interno e raggio esterno del volano); s = 40 mm (spessore assiale del volano); γ = 7860 kg/m^3 (densità del materiale del volano).

[C_R = 42.16 Nm; C_{max} = 126.5 Nm; I = 0.07 kgm^2;
i = 0.0143; ω_{min} = 415.87 rad/s; ω_{max} = 421.89 rad/s]

Trasmissione a cinghie 36 V

Un argano è costituito da un motoriduttore M e da un tamburo T. Il motoriduttore M è solidale ad una puleggia 1, su cui è montata una cinghia piana che comanda una puleggia 2, solidale al tamburo T su cui si avvolge la fune di sollevamento del carico P. L'argano è montato su un'intelaiatura con due appoggi A e B distanti L. Per semplicità, si considerino uguali le velocità periferiche delle due pulegge.



Determinare: l'accelerazione del carico durante l'avviamento; le reazioni sui supporti A e B durante l'avviamento; la tensione di forzamento T_0 necessaria affinchè la puleggia più critica sia in condizioni di aderenza limite.

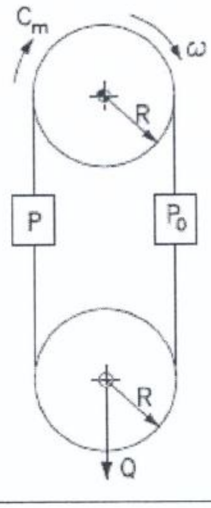
Dati:

C_M = 600 N·m (coppia motrice sulla puleggia 1, costante all'avvio); P = 3000 N (peso del carico); L = 1.2 m (distanza tra gli appoggi A e B); i = 0.6 m (interasse tra le pulegge 1 e 2); d_1=250 mm (diametro puleggia 1); d_2 = 500 mm (diametro puleggia 2); d_T = 400 mm (diametro del tamburo T); I_1 = 0.05 kg·m^2 (momento inerzia parti rotanti asse motore 1); I_2=0.25 kg·m^2 (momento inerzia parti rotanti asse condotto 2); f_a = 0.4 (coefficiente di aderenza cinghia/puleggia); f = 0.2 (coefficiente di attrito cinghia/puleggia); m = 50 kg (massa complessiva motore-puleggia 1); m_c = 50 kg (massa complessiva tamburo-puleggia 2).

[a = 9.46 m/s^2; R_A = 968 N; R_B = 5907 N; T_0 = 4800 N]

Ascensore 37

In figura è rappresentato schematicamente un ascensore con funi metalliche.



Calcolare: la potenza richiesta al motore per sollevare a velocità costante V il carico P e l'angolo di scorrimento sulla puleggia motrice, in base ai valori di tensione calcolati.

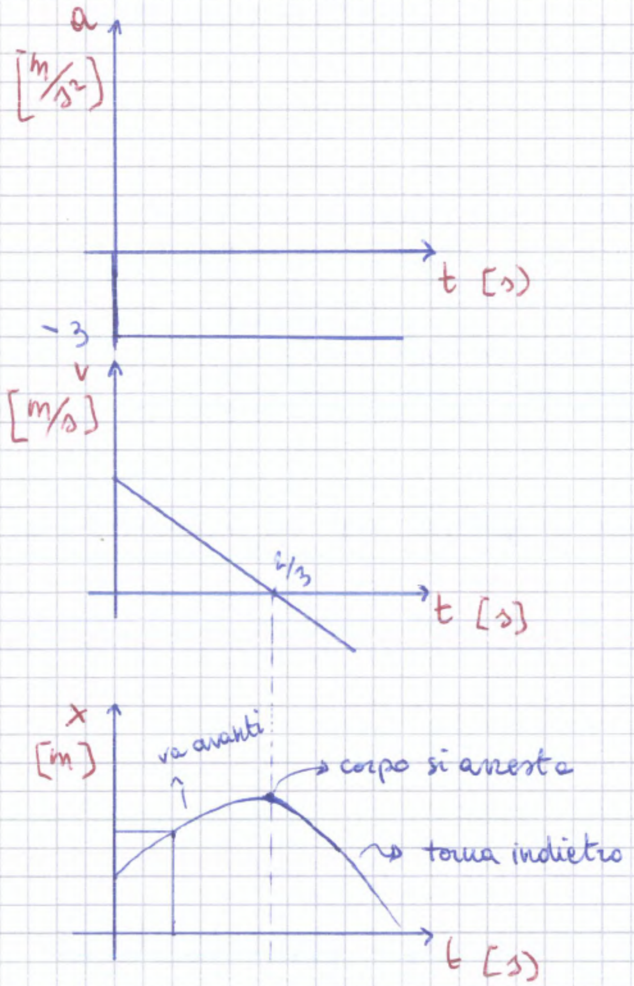
Dati:

- e = 3 mm (rigidezza elastica della fune);
- e_1 = 5 mm (rigidezza anelastica tratto avvolgente);
- e_2 = 7 mm (rigidezza anelastica tratto svolgente);
- R = 300 mm (raggio pulegge);
- f = 0.25 (coefficiente di attrito fune/puleggia);
- P = 600 kg (peso del carico);
- P_0 = 300 kg (peso del contrappeso);
- Q = 1500 kg (forza del tenditore);
- V = 0.6 m/s (velocità di salita del carico).

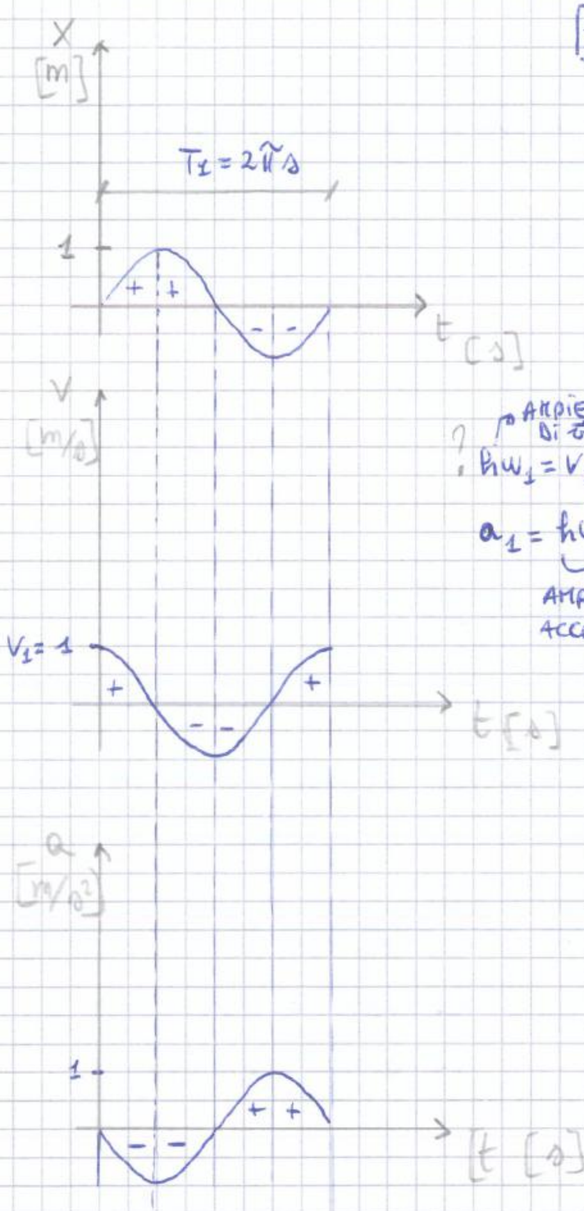
[P_m = 2.23 kW; θ = 63.38°]

(2)

NB
- Impo il processo, il metodo, non la formula
- Inserire i valori numerici solo alla fine, x non xdere il modello matematico e x verificare le unità di misura e verificare se è giusta l'equazione dimensionalmente
- Incolonno i grafici



$\boxed{1}$ $\omega_1 = 1\ rad/s$



- ω = PULSAZIONE = [rad/s]

  $\omega \cdot t = [rad/s] \cdot [s] = [rad]$

- $\omega = 2\pi f$ → FREQUENZA

  $\boxed{f = \frac{\omega}{2\pi}} = \left[\frac{rad/s}{rad}\right] = \left[\frac{1}{s}\right] = Hz$

  si dicono anche CICLI AL SECONDO

  HERZ

AMPIEZZA DI $\vec{v}$

? $h\omega_1 = V_1 = 1\ m/s$

$a_1 = \underbrace{h\omega_1^2}_{\text{AMPIEZZA DI ACCELERAZ.}} = 1\ m/s^2$

- PERIODO $\boxed{T = \frac{1}{f}} = [s]$

$\omega_2 = 2\omega_1$

$f_2 = 2 f_1$

$T_2 = \frac{T_1}{2}$

ho ↑ la pulsazione e ½ periodo

Esercizio 3 (COORD. POLARI)

6

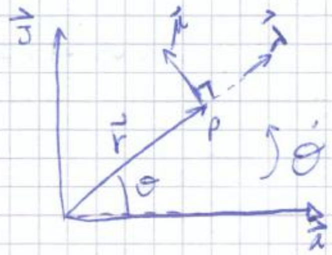
DET: $v(t)$?
$a(t)$?

$r = cost = 2\,m$

$\theta = \frac{\pi}{4}$ rad

$\dot\theta = 2$ rad/s

$\ddot\theta = 3$ rad/s²



$\vec{r} = r\vec{\lambda}$

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \underbrace{\cancel{\dot r \vec\lambda}}_{=0\ (r=cost)} + r\dot\theta\vec\mu \Rightarrow v = r\cdot\dot\theta = r\cdot\omega = 2\,m \cdot 2\,rad/s = 4\,m/s$$

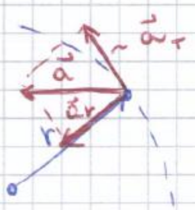
↳ tangenziale

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec v}{dt} = \underbrace{\cancel{\ddot r\vec\lambda}}_{=0} + \cancel{\dot r\dot\theta\vec\mu} + \cancel{\dot r\dot\theta\vec\mu} + r\ddot\theta\vec\mu - r\dot\theta^2\vec\lambda$$

$$\vec a(t) = (\cancel{\ddot r} - \underbrace{r\dot\theta^2}_{\text{ACC. CENTRIP.}})\vec\lambda + (\underbrace{\cancel{2\dot r\dot\theta}}_{\text{ACC. CORIOLIS}} + \underbrace{r\ddot\theta}_{\text{ACC. TGNZIALE}})\vec\mu$$

$$\vec a(t) = r\dot\theta^2\vec\lambda + r\ddot\theta\vec\mu = -8\vec\lambda + 6\vec\mu$$

sono vettori! non posso semplicem. sommarli



$$\rightarrow a = \sqrt{a_T^2 + a_r^2} = \left(\sqrt{8^2+6^2}\right) m/s^2 = 10\ m/s^2$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 124

SVOLGIMENTO:

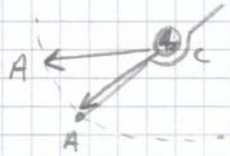
$\vec{V}_A = \vec{V}_c + \vec{V}_{A/c}$ FORMULA FOND. CINEM.

$\vec{V}_A = \vec{V}_c + i\dot{\theta}\,\vec{CA}$

$\vec{V}_{A/c} = \dot{\theta} \times \vec{CA}$ ← questo utile sempre

$\vec{CA}$ → vett. posiz. che mi dice dov'è A risp. a C

$C \in 1 \rightarrow$ corpo 1



$V_c = \underbrace{\vec{V}_B}_{=0} + \vec{V}_{C/B} = i\dot{\varphi}\,\vec{BC}$

$\vec{BC}$ → mi individua la posiz. di C vista da B

Altro modo per esprimere $\vec{V}_{A/C}$

$\vec{V}_{AC} = i\dot{\theta}\,\vec{CA}$ ← questa vale solo x la cinem. piana

↑ useremo questa

$\rightarrow \vec{V}_A = \vec{V}_c + \vec{V}_{A/c}$

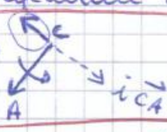
$\vec{V}_c \rightarrow i\dot{\varphi}\vec{BC}$ $\quad \vec{V}_{A/c} \rightarrow i\dot{\theta}\vec{CA}$ → devo risolvere un'equaz. vettoriale → risolvo graficamente

→ TABELLA

	Modulo	Direz.	Verso
$\vec{V}_A$	?	|	?
$\vec{V}_c$	?	⊥ a BC	?
$\vec{V}_{A/c}$	$\dot{\theta}\cdot\vec{CA}$	⊥ CA	COERENTE CON $\dot{\theta}$ ↖

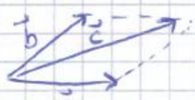
→ posso det. il verso: $i\vec{CA}$ ↘ ma $\dot{\theta} < 0$ → i ↖

l'operatore "i" mi fa ruotare di 90° in senso antiorario di 90° → PER DEFINIZ.



Ora devo sommare i vettori $\vec{V}_c$ e $\vec{V}_{A/c}$ per trovare $\vec{V}_A$

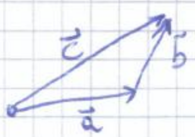
Esempio di somma di vettori $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$



Parto random da $\vec{a}$

→ regola parallelogr. comoda se ho 2 vettori. Spesso ne avrò 3 o 4

→ Disegno VETTORI IN MODO CHE SI MORDANO LA CODA



ANALIZZO ORA LE ACCELERAZIONI (10)

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}$$

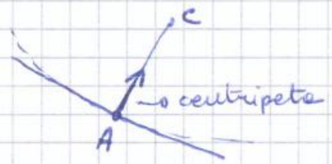
$\dot{\theta} = \text{cost}$ (dai dati)

$$\vec{a}_A = \frac{d\vec{V}_A}{dt} = \frac{d\vec{V}_C}{dt} + \underbrace{\cancel{i\ddot{\theta}}}_{=0}\,\vec{CA} + i\dot{\theta}\left(i\dot{\theta}\,\vec{CA}\right)$$

(in generale le velocità variabili sono sia $\overline{AC}$ che $\dot{\theta}$)

$$= \vec{a}_C + \left(-\dot{\theta}^2\,\vec{CA}\right)$$

$$= \vec{a}_C + \vec{a}_{A/C_n}$$



Ora passo ad analizzare $\vec{a}_C$

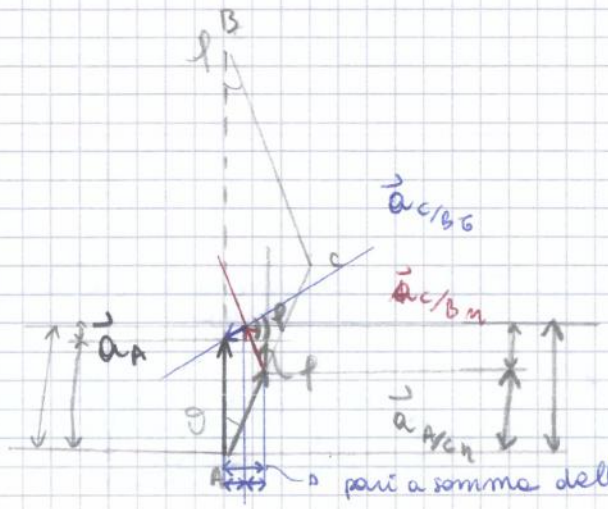
$$\vec{a}_C = \frac{d\vec{V}_C}{dt} = i\ddot{\varphi}\,\vec{BC} + i\dot{\varphi}\left(i\dot{\varphi}\,\vec{BC}\right) =$$

$$= i\ddot{\varphi}\,\vec{BC} - \dot{\varphi}^2\,\vec{BC} = \vec{a}_{C/B_\tau} + \vec{a}_{C/B_n}$$

$$\vec{a}_A = \vec{a}_{C/B_\tau} + \vec{a}_{C/B_n} + \vec{a}_{A/C_n}$$

	M	D	V
$\vec{a}_A$	?	|	?
$\vec{a}_{C/B_\tau}$	?	$\perp BC$	?
$\vec{a}_{C/B_n}$	$\dot{\varphi}^2\,\vec{BC}$	// BC	DA C VERSO B
$\vec{a}_{A/C_n}$	$\dot{\theta}^2\,\vec{CA}$	// CA	DA A VERSO C

ora ricavo poligono delle accelerazioni



pari a somma delle comp. orizz. del vett rosso e blu

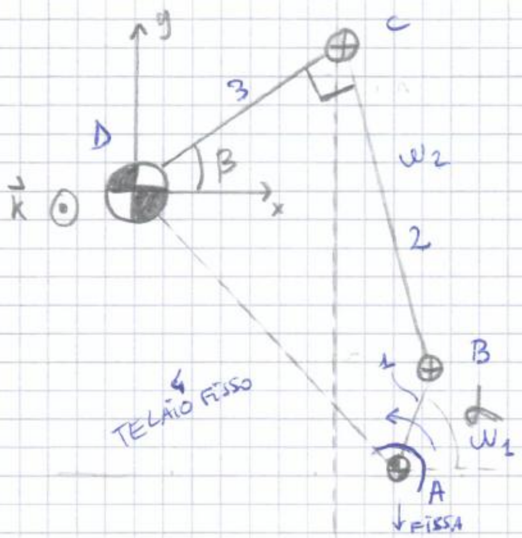
se trovo un vettore con modulo negativo vuol dire che nel poligono ho sbagliato verso

vettore blu è $\perp$ a BC che so che con la verticale $\varphi = 0$ vett. blu formerà φ con l'orizz.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 25 di 124

ES n° 3

quadrilatero articolato



$\overline{AB} = 0{,}356\ m$

$\overline{BC} = 2{,}032\ m$

$\overline{CD} = 1{,}3\ m$

$\omega_1 = 10\ rpm$ COST

$\vec{\omega}_1 = \omega_1 \vec{k}$

$\omega_1 > 0$

Passo sempre in unità di misura del S.I.

$$\omega_1 = 10\ \frac{giri}{min} \cdot \frac{1}{60}\ \frac{min}{s} \cdot 2\pi\ \frac{rad}{giro}$$

$$= \frac{2\pi}{60}\, 10 = 1{,}047\ rad/s$$

DET:

$\omega_2,\ \dot{\omega}_2,\ \omega_3,\ \dot{\omega}_3$

$\alpha = 45°$

$\beta = 20°$

SVOLGIMENTO $\quad B \in 1$

$$\vec{V}_B = \underbrace{\cancel{\vec{V}_A}}_{=0} + \vec{V}_{B/A} = i\,\omega_1 \overline{AB}$$

$C \in 2$

$$\vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{C/B} = \vec{V}_B + i\,\omega_2 \overline{BC}$$

$C \in 3$

$$\vec{V}_C = \underbrace{\cancel{\vec{V}_D}}_{=0} + \vec{V}_{C/D} = i\,\omega_3 \overline{DC}$$

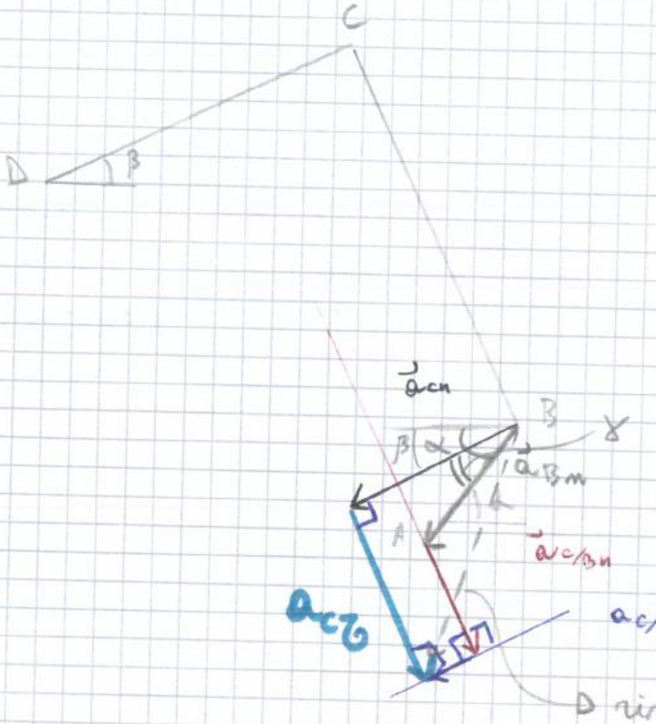
$$\vec{V}_C = \vec{V}_{C/D} = \underbrace{\vec{V}_{B/A}}_{=\vec{V}_B} + \vec{V}_{C/B} \longrightarrow \boxed{\vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}}$$

	M	D	V
$\vec{V}_C$	?	$\perp \overline{CD}$	?
$\vec{V}_B$	$\omega_1 \cdot \overline{AB}$	$\perp \overline{AB}$	coerente con ω_1
$V_{C/B}$	?	$\perp BC$	?

	M	D	V
$\vec{a}_{C\tau}$	?	$\perp DC$	?
$\vec{a}_{Cn}$	$\omega_3^2 DC$	$//\ DC$	Da C verso D
$\vec{a}_{Bn}$	$\omega_1^2 AB$	$//\ AB$	Da B ad A
$\vec{a}_{C/B\tau}$	?	$\perp BC$	?
$\vec{a}_{C/Bn}$	$\omega_2^2 BC$	$//\ BC$	Da C verso B

Somma di questi 2 = la somma di questi 3

STESSA RISULTANTE



→ risultante di nero e verde che si mordono la coda

RISULTATI : faccio io a casa

$a_{C\tau} = 0{,}177\ m/s^2$

$a_{C/B\tau} = -0{,}265\ m/s^2$

$\dot{\omega}_3 = 0{,}136\ rad/s^2$ ORARIA

$\dot{\omega}_2 = 0{,}13\ rad/s^2$ ORARIA

(96)

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{B/A}$$

	$\vec{V}_B$	$\vec{V}_A$	$\vec{V}_{B/A}$	
M		?	?	
D		? $\boxed{\perp AO}$	$\perp AB$	
V		?	?	

NOTA

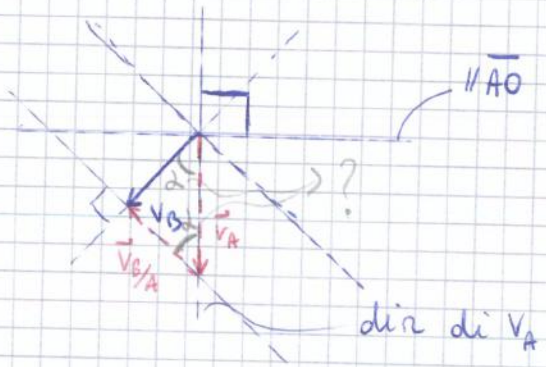
→ non conosco abbastanza cose per poter studiare. Ed è ovvio! Collegato ad A c'è un altro corpo che non ho considerato, e il corpo AB dipende anche dalla legge del moto di AO.

$$\vec{V}_A = \underbrace{\vec{V}_O}_{=0} + \vec{V}_{A/O}$$

	$\vec{V}_A$	$\vec{V}_{A/O}$
M		
D	$\boxed{\perp AO}$	$\perp \overline{AO}$
V		

→ riporto questa info sopra

DIAGRAMMA VETTORIALE



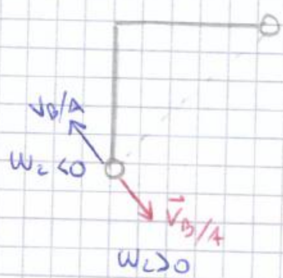
Dalla figura vedo che

$$|\vec{V}_{B/A}| = |\vec{V}_B|$$

$$\downarrow$$

$$|W_2| \cdot \overline{AB} = W_1 \overline{BC}$$

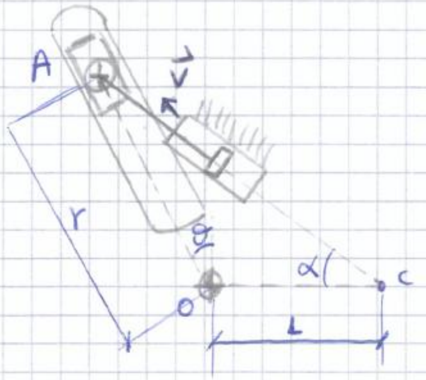
$$|W_2| = W_1 \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = 2{,}5 \ rad/s$$



$$V_{B/A} = W_2 \cdot \vec{AB}$$

$\Rightarrow W_2 < 0$?

Es in aula con QUAGLIA 11/03/2016



$\theta = 30°$

$\alpha = 30°$

$v = 4\ m/s = \text{COST}$

$L = 300\ mm$

$\dot{r}, \ddot{r}, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$?

$\dot{r} \rightarrow$ è la $\bar{v}$ di A relativa al glifo

mi serve $\overline{AO}$

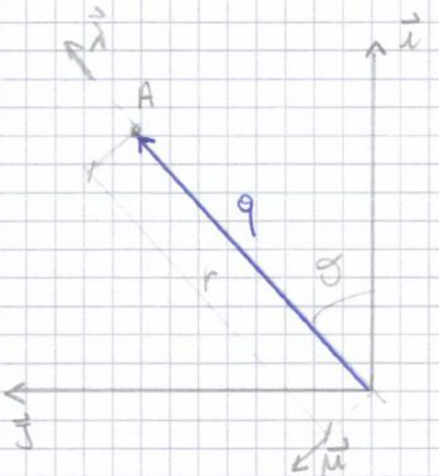
$\beta = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \theta) = \frac{\pi}{6} = \alpha$

$\Rightarrow \Delta$ isoscele

$r = L = 0{,}3\ m$

IL PUNTO A si muove nel glifo e il glifo stesso si muove

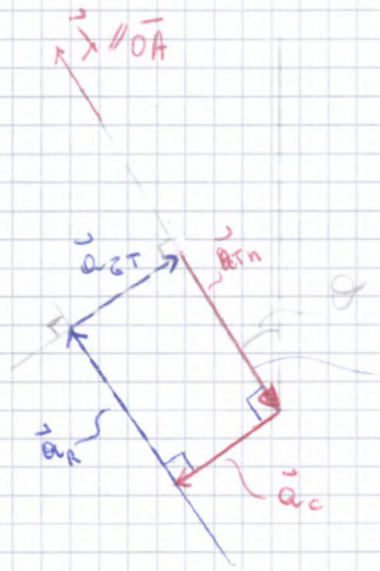
$\Rightarrow$ CINEMATICA MOTI RELATIVI



$\vec{i}, \vec{j}$ FISSI

$\vec{\lambda}, \vec{\mu}$ MOBILI SOLIDALI AL GLIFO

In questo caso S.R. FISSO ha la stessa origine del S.R. MOBILE

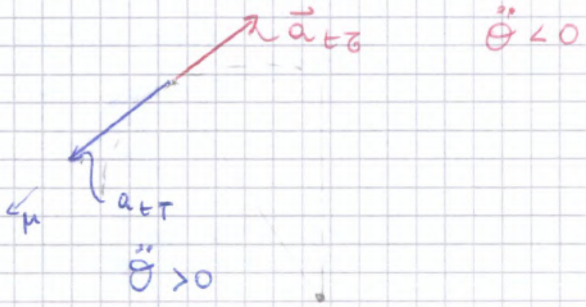


La somma deve essere ZERO $= \vec{a}_A = 0$

$$|a_{t_T}| = a_c = 2\dot{\vartheta}\dot{r} = 46{,}19 \ m/s^2$$

$$|\ddot{\vartheta}| = \frac{|a_{Tc}|}{r} = 154 \ rad/s^2$$

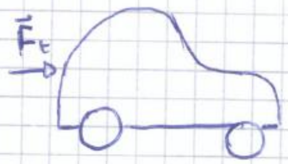
$$a_r = a_{tN} = \dot{\vartheta}^2 r = 13{,}33 \ m/s^2$$



Il glifo ha una decelerat. angolare $\Rightarrow$ ~~anche se~~ sta procedendo in verso opposto all'acc. angolare

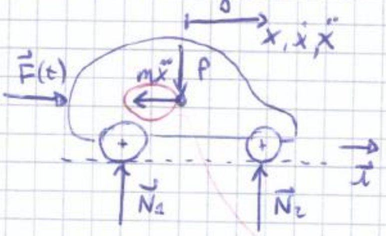
ES in aula 16/03/2016

(22)



Note $\vec{F}$ applicate devo capire cosa succede al veicolo (DINAMICA DIRETTA)

Faccio diagramma di corpo libero



(NO ATTRITO) (TRASCURO DINAMICA delle ruote)
è come se avessi 2 appoggi semplici (Ho solo $\vec{F}$ NORMALI)

Scelgo S.R.

$$\vec{\ddot{X}} = \ddot{x}\,\vec{\imath}$$

$$\vec{F}_i = -m\vec{\ddot{x}} = -m\ddot{x}\,\vec{\imath}$$

metto sempre risultante delle $\vec{F}$ d'inerzia

$$\sum \vec{F}_e + \vec{F}_i = 0$$

$$\hookrightarrow F(t)\,\vec{\imath} - \underbrace{m\ddot{x}\,\vec{\imath}}_{\vec{F}_i} + (N_1 + N_2 - P)\,\vec{J} = 0$$

scrivo ora le equaz. di equilibrio

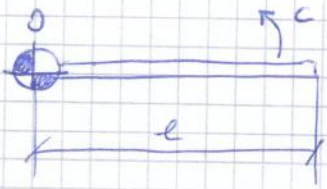
$$\rightarrow F(t) - m\ddot{x} = 0 \quad \rightarrow \quad \boxed{\ddot{x} = \frac{F(t)}{m}}$$

→ vale x tutti casi ($\vec{F}$ = cost, F ≠ cost, F = 0 ecc.)

le $\vec{F}$ d'inerzia non conosco a priori verso; la risultante delle $\vec{F}$ d'inerzia dipende dalle scelte operative che faccio.

ESERCIZIO DINAMICA 22/03/2016 + RIPASSO CONCETTI

(24)

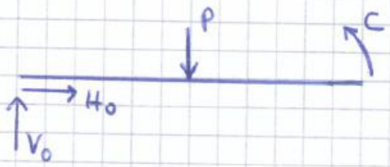


EQUAZ. della DINAM.
$$\begin{cases} \sum \vec{F}_e + \vec{F}_i = 0 \\ \sum \vec{M}_e + \vec{M}_i = 0 \end{cases}$$

Asta omogenea, noti ℓ e ρ' e $C = cost$ $\qquad \rho' = \frac{m}{\ell} = [kg/m]$

Piano orizzontale (ruota nel piano orizz.)

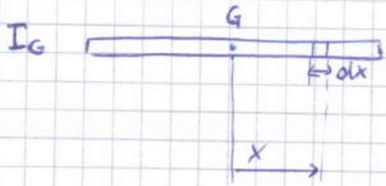
$\dot{\omega}$? e REAZ. VINC ?



→ mi metto "sopra" →

MOM. D'IN : I

I_G



$$I_G = m\frac{\ell^2}{12}$$

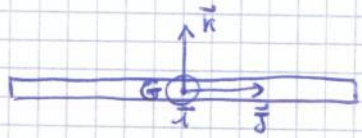
$$dm = \rho' dx$$

$$I_O = \int_0^\ell x^2 \, dm \qquad \rho' \ell = m$$

$$I_O = \int_0^\ell \rho' x^2 dx = \rho' \frac{\ell^3}{3} = m\frac{\ell^2}{3}$$

H_0 2 STRADE A e B

A) → RIDUZ. AZ. INERZIA G



D: $\theta, \omega, \dot{\omega}$ $\qquad \vec{\omega} = \omega \vec{i}$ → Terna centrale d'inerzia

$$\vec{F}_i = -m\vec{a}_G$$

$$\vec{a}_G = \underbrace{\vec{a}_o}_{=0} + a_{G/O\tau} + a_{G/On}$$

O è fisso $\qquad a_{G/O\tau} = \dot{\omega}\frac{\ell}{2} \qquad a_{G/On} = \omega^2 \frac{\ell}{2}$

CASO B) RIDUZ. AZIONI D'INERZIA RISPETTO a O

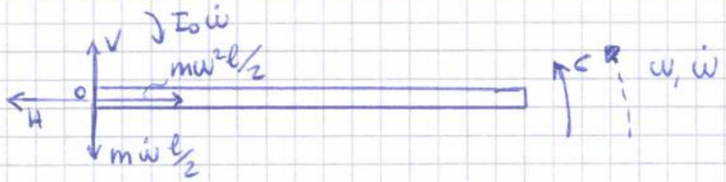
26

$$\vec{K}_O = a p \vec{i} + \cancel{B q \vec{j}} + \cancel{C r \vec{k}}$$

$$\vec{K}_O = \vec{i}\, I_O \omega$$

$$\vec{M}_{iO} = -\frac{d\vec{K}_O}{dt} = -I_O \dot{\omega} \vec{i}$$

DIAGRAMM. C. LIBERO

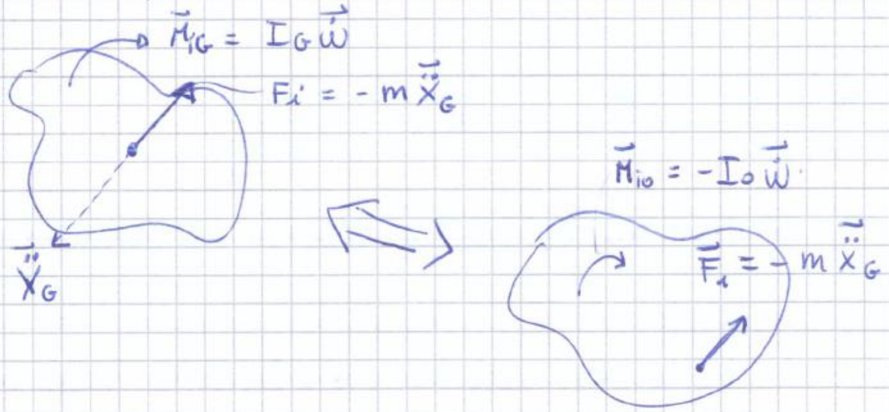


$$\sum \vec{M}_e + \vec{M}_i = 0 \Rightarrow C - I_O\dot{\omega} = 0$$

$$\dot{\omega} = \frac{C}{I_O} = \frac{C}{m l^2/3}$$ → uguale all'equaz. ricavata da A)

NB. RICORDO DI METTERE NEL DIAGR. DI CORPO LIBERO LA RISULTANTE DELLE F D'INERZIA ! ALTRIMENTI NON VEDO LE REAZ. VINCOLARI !

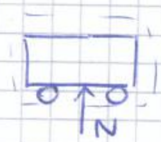
In un corpo ∀



Sono uguali! uso quella che mi è + comoda

Ho avuto un ↑ di E_{cin} a spesa di ↓ E_g

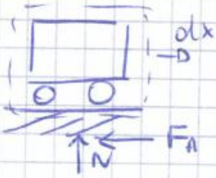
3-4



$$\cancel{E} + L_e + \cancel{L_i} = \Delta E_c + \cancel{\Delta E_e} + \cancel{\Delta E_g}$$

$\Delta E_c = 0$ → Em cin si conserva ; se avessi avuto un Lavoro delle F_i ⇒ En cin sarebbe ↓

4-5

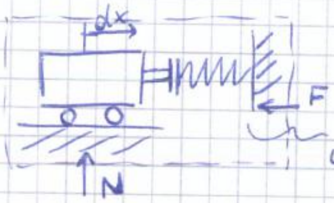


$$L_e = -F_A \cdot s'$$

$$-F_A \cdot s' = \underbrace{\frac{1}{2} m \left(v_5^2 - v_4^2\right)}_{} < 0 \Rightarrow v_5 < v_4$$

$v_4 = v_3$ ⇒ determino v_5

5-6



$$dL_e = \underbrace{-\vec{F} \cdot \cancel{d\vec{x}}}_{\emptyset} + \underbrace{\vec{N} \cdot d\vec{x}}_{\emptyset} \Rightarrow L_e = 0$$

NON SI SPOSTA IL MURO!!!!!!!!!!!

LAVORO è F · spostam. pto applicazione

$$\underbrace{\frac{1}{2} m \left(\cancel{v_6^2} - v_5^2\right)}_{<0} + \underbrace{\frac{1}{2} k (\Delta x)^2}_{>0} = 0$$

posso det. il Δx

Risolvo stex problema considerando cm sist. il solo carrello

→ la molla compirà Lavoro

Risolvo l'es. con le equaz. della dinamica. 30

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 45 di 124

$\vec{\lambda}, \vec{\mu}$ SOLIDALE AL MANICOTTO → può ruotare con lui! (32)

RUOTA ATTORNO A C con una vel ang ω_2

$$\vec{V}_T = \underbrace{\cancel{V_{ORIGINE\ \lambda,\mu}}}_{=0} + V_{P/ORIGINE}$$

MOTO RELATIVO: MOTO di TRASLAZIONE // a DB (// a $\vec{\lambda}$)

MOTO di TRASCINAM: MOTO di ROTAZIONE ATTORNO a C' A VEL ω_2

1) capisco che ho un moto composto
2) Piazzo SR
3) Individuo MOTO REL e MOTO TRASCIN.

$$\vec{V}_{ASSOLUTA} = \vec{V}_R + \vec{V}_T$$

$\vec{V}_{C'R}$?

$$\vec{V}_{C'} = \vec{V}_{C'R} + \vec{V}_{C'T}$$

$$\vec{V}_{C'T} = \underbrace{\cancel{\vec{V}_C}}_{=0} + V_{C'/C} = i\,\omega_2 \overrightarrow{CC'}^{=0}$$ VETT. POSIZ. è nullo! $C \equiv C'$

→ io sono su C ⇒ per me è come se fosse fermo ⇒ $V_C = 0$

$V_{C'T} = 0$

$\vec{V}_{C'} = \vec{V}_{C'R}$ → so dire poco; ⇒ lavoro su $V_{C'}$

$C' \in BD$

$$\vec{V}_{C'} = \vec{V}_B + \vec{V}_{C'/B} = \vec{V}_B + i\,\omega_2 \overrightarrow{BC'}$$

	M	D	V
$V_{C/R} = \vec{V}_{C'}$	?	// DB	?
V_B	NOTA	⊥ OB	COERENTE CON ω_1 →
$V_{C'/B}$	?	⊥ BC'	?

⇒ costruisco Δ di velocità

$$\vec{a}_{c'} = \vec{a}_{c'R} + \vec{a}_{c'T} + \vec{a}_{c'c}$$

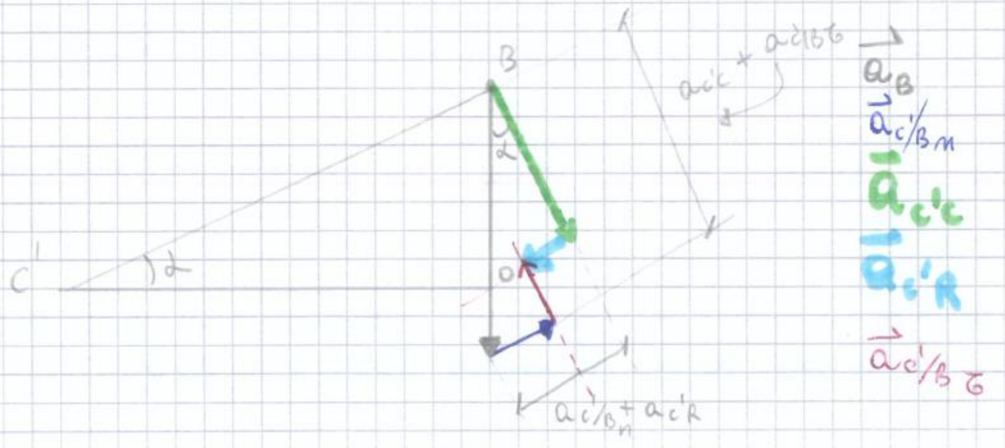
$$\vec{a}_{c'T} = i\,\omega_2 \underbrace{\angle CC'}_{=0} - \omega_2^2 \underbrace{\overline{CC'}}_{=0} = 0$$

$$\vec{a}_{c'c} = 2\,i\,\underbrace{\omega_2}_{\omega \text{ TRASCINAMENTO}}\,\vec{V}_{c'R}$$

$$\rightarrow \boxed{\vec{a}_B + \vec{a}_{c'/B_\tau} + \vec{a}_{c'/B_n} = \vec{a}_{c'R} + \vec{a}_{c'c}}$$

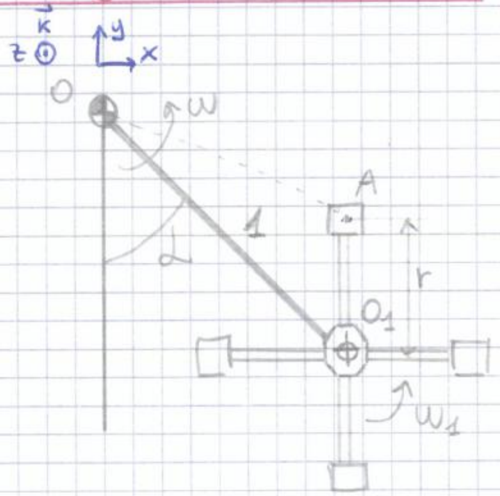
EQUAZ. che VOGLIO RISOLVERE GRAFICAM.

	M	D	V
$\vec{a}_B$	$\omega_1^2 OB$	$/\!/ OB$	DA B verso O
$\vec{a}_{c'/B_\tau}$	?	$\perp BC'$	?
$\vec{a}_{c'/B_n}$	$\omega_2^2 BC'$	$/\!/ BC'$	DA C' VERSO B
$\vec{a}_{c'R}$	?	$/\!/ C'B$	?
$\vec{a}_{c'c}$	$2\omega_2 V_{c'R}$	$\perp C'B$	COERENTE CON ω_2 ↘



ESERCITAZIONE 5/04/2015

Es pag 3 GIOSTRA ES. n° 6



$\overline{OO_1} = l = 5\ m$

$\overline{O_1A} = r = 1\ m$

$\alpha = 45°$

$|\omega| = 1\ rad/s$

ω_1 ASSOLUTA

DET:

1) $\vec{V}_A$, $\vec{a}_A$

2) $\vec{V}_A$, $\vec{a}_A$

ω_1 tiene conto di tutti i movim. in gioco

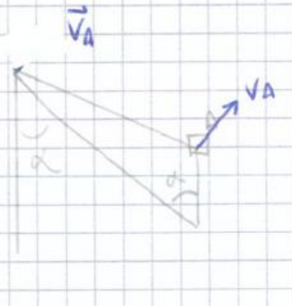
1) Considero O_1 come l'incastro e studio cosa succede in A

$$\vec{V}_A = \underbrace{\vec{V}_O}_{=0} + \vec{V}_{A/O} = i\omega \cdot \overline{OA}$$

$V_A = \omega\, \overline{OA}$

$\vec{\omega} = |\omega| \cdot \vec{k}$

$\vec{\omega}_1 = |\omega_1| \cdot \vec{k}$



APPLICO T. CARNOT:

$$\overline{OA}^2 = \overline{OO_1}^2 + \overline{O_1A}^2 + 2\overline{OO_1}\,\overline{O_1A} \cdot \cos\alpha$$

$$\rightarrow OA = \sqrt{\ldots\ldots} = 4{,}35\ m$$

$\Rightarrow V_A = 4{,}35 \cdot 1 = 4{,}35\ m/s$ $\qquad \vec{V}_A \perp OA$? → immagino di congelare la ruota

$$\vec{a}_A = \frac{d\vec{V}_A}{dt} = \vec{a}_{A/O} = \vec{a}_{A/O_t} + \vec{a}_{A/O_n} = i\underbrace{\dot{\omega}}_{\substack{=0\\(\omega = cost)}}\overline{OA} - \omega^2\overline{OA}$$

$a_A = \omega^2\,\overline{OA} = 4{,}35\ m/s^2$ $\qquad$ (// OA DA A verso O) → comp normale

$\Rightarrow \varphi = -8{,}61^\circ$

$\Rightarrow$ V_A è + lunga

$V_A = 3{,}57\ m/s$

Passo alle accelerazioni:

$$\vec{a}_A = \frac{d\vec{V}_A}{dt} = \vec{a}_{O_1} + \vec{a}_{A/O_1}$$

$$\vec{a}_{O_1} = \frac{d\vec{V}_{O_1}}{dt} = i\underbrace{\dot{\omega}}_{=0}\,\overline{OO_1} - \omega^2\,\overline{OO_1} = \vec{a}_{O_1 n} \qquad \boxed{\omega,\ \omega_1\ \text{COST}}$$

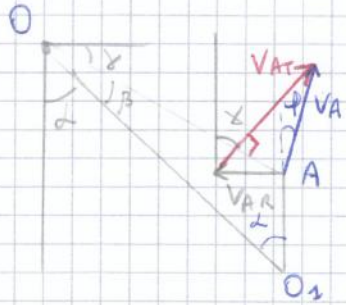
$$\vec{a}_{A/O_1} = \frac{d\vec{V}_{A/O_1}}{dt} = i\underbrace{\dot{\omega}}_{=0}\,\overline{O_1A} - \omega_1^2\,\overline{O_1A} = \vec{a}_{A/O_{1n}}$$

$$\vec{a}_A = \vec{a}_{O_1 n} + \vec{a}_{A/O_1 n}$$

	M	D	V
$\vec{a}_A$	?	?	?
$\vec{a}_{O_1 n}$	$\omega^2 OO_1$	// OO_1	DA $O_1 \to O$
$a_{A/O_1 n}$	$\omega_1^2 \overline{O_1A}$	// AO_1	DA $A \to O_1$

$\vec{a}_A$ COMPLETAM. INCOGNITO

- DIREZIONE DATA da DISEGNO
- DEVO DET Ψ e $|a_A|$



$\gamma = 90° - \alpha - \beta$?

lavoro sul $\Delta\ OO_1A$

→ Teo carnot:

$$\overline{AO_1}^2 = \overline{OO_1}^2 + \overline{OA}^2 - \overline{OO_1}\,\overline{OA}\cos\beta$$

$$\Rightarrow \beta = \arccos\left(\frac{\overline{AO_1}^2 - \overline{OO_1}^2 - \overline{OA}^2}{\overline{OO_1}\,\overline{AO}}\right) = 9{,}35°$$

$$\Rightarrow \gamma = 35{,}65°$$

$$\left.\begin{array}{l} \updownarrow\ V_{AT}\cdot\cos\gamma = V_A\cos\varphi \\ \leftrightarrow\ V_{AT}\cdot\sin\gamma = V_{AR} + V_A\sin\varphi \end{array}\right\}\ \varphi?\ \ V_A?$$

$$\Rightarrow \varphi = 8{,}61°$$

$$V_A = 3{,}57\ m/s$$

Calcolo le accelerazioni

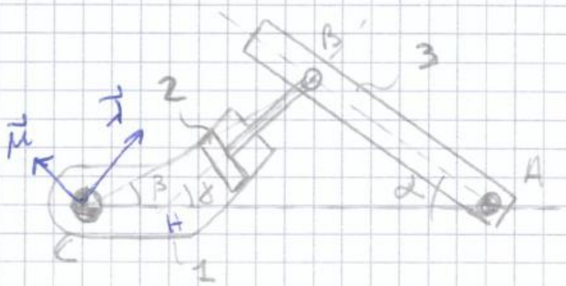
$$\vec{a}_A = \vec{a}_{AR} + \vec{a}_{AT} + \vec{a}_{AC}$$

$$\vec{a}_{AR} = \frac{d\vec{V}_{AR}}{dt} = -\omega_{1REL}^2\cdot\overrightarrow{O_1A} = \vec{a}_{ARn}$$

$$\vec{a}_{AT} = \frac{d\vec{V}_{AT}}{dt} = -\omega^2\overrightarrow{OA} = \vec{a}_{Tn}$$

$$\vec{a}_{AC} = 2\,i\,\omega\,\vec{V}_{AR}$$

ES SOLLEVATORE IDRAULICO (cinematica) ES. n° 4



$\alpha = \beta = 30°$

$\gamma = 45°$

$\overline{BA} = 4\ m$

$Q = 0{,}0157\ m^3/s$ $\qquad \omega_3$?

$\varnothing_{DIAM} = 0{,}2\ m$

$Q = A \cdot v \Rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi \phi^2}{4}} = 0{,}5\ m/s$ $\quad \vec{v}$ pistone nel cilindro

$B \in AB$

$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{B/A} = i\, \omega_3 \overline{AB}$

$V_B = \omega_3 \cdot AB \Rightarrow \omega_3 = \frac{V_B}{AB}$

$B \in$ PISTONE

$(\vec{\lambda}, \vec{\mu}, \vec{\nu})$ SOLIDALE a 1 (ruota attorno a C con ω_1)

MOTO RELATIVO: Traslazione $/\!/ \vec{\lambda}$ $(\lambda /\!/ HB)$

" TRASCINAM: Rotazione attorno a C (ω_1)

$\vec{V}_B = \vec{V}_{BR} + \vec{V}_{BT}$

$\vec{V}_{BT} = \underbrace{V_C}_{=0} + \vec{V}_{B/C} = i\omega_1 \overline{CB}$

↳ x come ho posiz. il sist. rif. :)

ESERCITAZIONE 12/04/2016

ES. SOLLEVATORE IDRAULICO (STATICA) ES. n° 5

(vedi figura sul testo)

DATI:

$\varnothing = 0{,}2\ m$

$\alpha = \beta = 30°$

$\gamma = 45°$

$\overline{AB} = 4\ m$

$\overline{AG} = 2{,}5\ m$

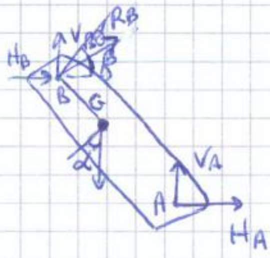
$P = 20\,000\ N$

R_B ?

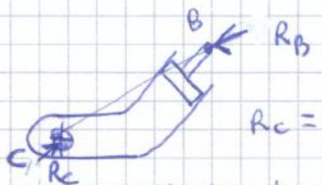
— . — . — .

Ciò che so è: $\sum \vec{F}_e + \underbrace{\vec{F}_i}_{=0} = 0 \qquad \sum \vec{M}_e + \cancel{\vec{M}_i} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum F_{e_x} = 0 \\ \sum F_{e_y} = 0 \end{cases}$

D. C. LIB. PIANALE



Scelgo A come polo di riduzione per calcolare i mom. che tutte le F est esercitano



$R_c = R_B$

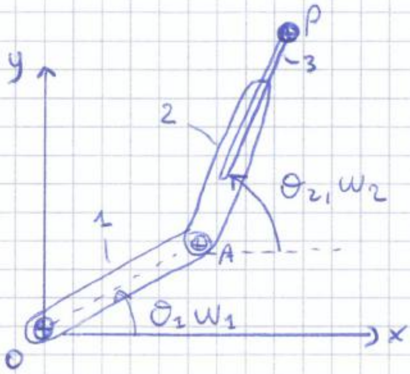
Rc ed R_B devono equilibrarsi

Forza peso cilindro trascurabile

$A \circlearrowleft \quad P \cdot \cos\alpha\ \overline{AG} - R_B \cos\theta \cdot AB = 0$

$\theta = 90 - \beta - \alpha \Rightarrow \quad R_B = \dfrac{P\cos\alpha\, AG}{AB\cos\theta} = 12{,}5\ KN$

ES. ROBOT (CINEMATICA) ES. n°7



$\overline{OA} = 100\ mm = 0{,}1\ m$

$\overline{AP} = 0{,}2\ m$

$\theta_1 = 30°$, $\theta_2 = 60°$

$\omega_1 = 1\ rad/s = COST$

$\omega_{2ASS} = 2\ rad/s$

DET : $\vec{v}_P$? $\vec{a}_P$?

Metto S.R. AUXIL. su braccio 2 $(\vec{\lambda}, \vec{\mu})$ → Ruota come 2 con ω_2

MOTO RELATIVO : traslazione // AP

MOTO TRASCINAMENTO : rotazione attorno ad A con ω_2

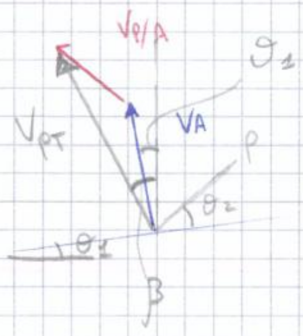
$$\vec{V}_P = \vec{V}_{PR} + \vec{V}_{PT}$$

$$\vec{V}_{P/T} = \vec{V}_A + \vec{V}_{P/A}$$

$$\vec{V}_A = \underbrace{\vec{V}_O}_{=0} + V_{A/O} = i\omega_1 \overline{OA}$$

$$V_{P/A} = i\omega_2 \overrightarrow{AP}$$

	M	D	V
$\vec{V}_{PT}$	?	?	?
$\vec{V}_A$	$\omega_1 \cdot OA$	$\perp OA$	coerente con ω_1
$V_{P/A}$	$\omega_2 \cdot AP$	$\perp AP$	concorde con ω_2



Ora passo alle accelerazioni:

$$\vec{a}_P = \vec{a}_{PR} + \vec{a}_{PT} + \vec{a}_{PC}$$

$$a_{PR} = 0 \qquad (V_{PR} = \text{cost})$$

$$\underline{\vec{a}_{PT}} = \frac{d V_{PT}}{dt} = \vec{a}_A + \vec{a}_{P/A} = \vec{a}_{An} + \vec{a}_{P/An}$$

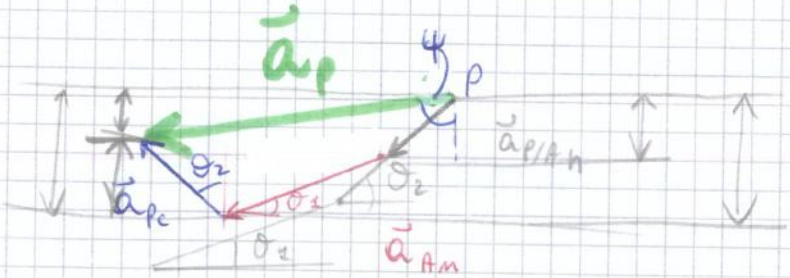
$$\vec{a}_A = \underbrace{i\dot{\omega}_1}_{=0} \vec{OA} - \omega_1^2 \vec{OA} = \vec{a}_{An}$$

$$a_{P/An} = \underbrace{i\dot{\omega}_2}_{=0} \vec{AP} - \omega_2^2 \vec{AP} = \vec{a}_{P/An}$$

$$\vec{a}_{P/C} = 2 i \omega_2 \vec{V}_{PR}$$

$$\boxed{\vec{a}_P = \vec{a}_{An} + \vec{a}_{P/An} + \vec{a}_{PC}}$$

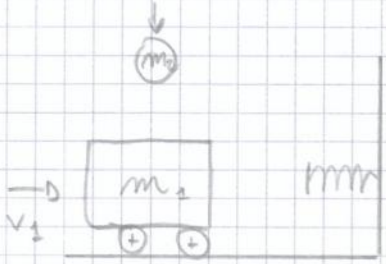
	H	D	V
$\vec{a}_P$	?	?	?
$\vec{a}_{Am}$	$\omega_1^2 OA$	$\parallel OA$	DA A verso O
$\vec{a}_{P/Am}$	$\omega_2^2 AP$	$\parallel AP$	DA P verso A
$\vec{a}_{PC}$	$\omega_2 \cdot V$	$\perp AP$	coerente con ω_2 (↖)



ES. Massa in caduta libera su un carrello in movimento

ES n° 17

54



$m_1 = 130\ kg$

$m_2 = 40\ kg$

$V_1 = 0{,}5\ m/s$

$K = 0{,}8\ N/mm \cdot 1000 = 800\ N/m$

V_2 ? F_e ?

$$\sum \vec{F_e} + \vec{F_i} = 0 \iff \sum F_e = \frac{d\vec{Q}}{dt}$$

$$\sum F_{e_x} = \frac{dQ_x}{dt} = 0$$ ATTRITI TRASCURABILI

$Q_x = cost$ $\qquad Q_x(t_i) = Q_x(t_f)$

$$Q_{xi} = Q_{xf}$$

$t_i \to m_1$ e m_2 DISTINTI

$t_f \to m_1$ e m_2 SOLIDALI

$$Q_{xi} = m_1 V_1 + m_2 \cdot 0 = m_1 V_1$$

$$Q_{xf} = (m_1 + m_2) \cdot V_2$$

$$Q_{xi} = Q_{xf}$$

$$m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_2$$

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0{,}382\ m/s$$

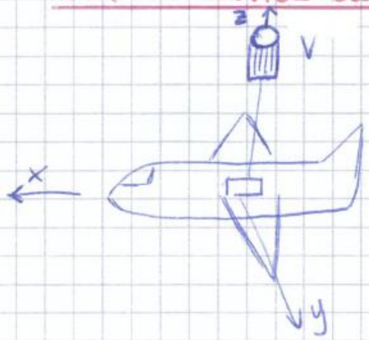
Uso il principio di cons. dell'en. meccanica :

$$\underbrace{\cancel{L_i}}_{=0} + \underbrace{\cancel{L_e}}_{=0} = \Delta E_c + \cancel{\Delta E_g}^{\to 0} + \Delta E_e$$

↳ tiene conto anche delle coppie motrici

$$\Delta E_c + \Delta E_e = 0$$

ES. Navicella - satellite ES. n°16 (56)



$m_s = 800\ kg$

$m_n = 90'000\ kg$

$\Delta t = 4\ s$

$V_{s_{fR}} = 0{,}3\ m/s$

↳ RELATIVA

DET: V_{nf}? F_m?

$$\underbrace{\sum F_{e_z}}_{=0} = \frac{dQ_z}{dt} \Rightarrow Q_z = cost$$

$$Q_{zi} = Q_{zf}$$

$$Q_{zi} = 0 \Rightarrow Q_{zf} = 0$$

$V_{N_f} \downarrow$ $\uparrow V_{S_{nf}}$ ISTANTE FINALE

$$Q_{zf} = m_s V_{sf} - m_N V_{Nf}$$

$$\vec{V}_{sf} = \vec{V}_{sR} + \vec{V}_{sT} \rightsquigarrow V_{Nf}$$

$$V_{sf} = V_{sR} - V_{Nf}$$

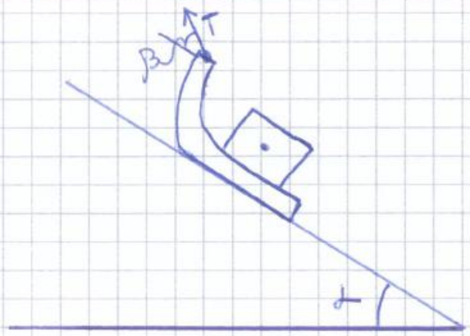
$$Q_{zf} = m_s (V_{sR} - V_{Nf}) - m_N V_{Nf} = 0$$

$$m_s V_{sR} = V_{Nf} (m_s + m_N)$$

$$V_{Nf} = \frac{m_s}{m_s + m_N} \cdot V_{sR} \longrightarrow$$

ESERCITAZIONE 19/04/2016 ES. n° 8

58



ES. SLITTA (Attrito)

$m = 500\ kg$

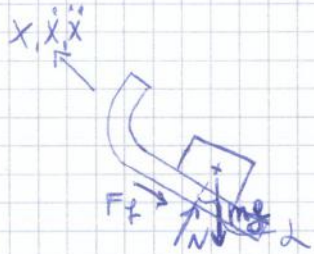
pendenza 30%

$f = 0,2$

DET:

$\beta|_{T_{MIN}}$? T_{MIN} ?

DIAGR. C. LIBERO SLITTA



→ Direz. // al piano inclinato

① //) $T\cos\beta - F_f - mg\sin\alpha = 0$

→ direz. ⊥ al piano inclinato

② ⊥) $T\sin\beta + N - mg\cos\alpha = 0$

INCOGNITE: T, N, F_f, β

So anche che la slitta scorre sul piano con attrito

③ $fN = F_f$

Voglio trovare β per minimizzare T ⇒ impongo $\dfrac{dT}{d\beta} = 0$

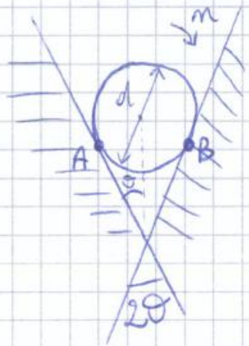
→ Troverò il max o il minimo

$N = mg\cos\alpha - T\sin\beta$

$T\cos\beta - f\cdot N - mg\sin\alpha = 0$

$T\cos\beta - f\,mg\cos\alpha + fT\sin\beta - mg\sin\alpha = 0$

ES CUSCINETTI ES. n° 9



$d = 30\ mm = 0,03\ m$

$n = 100$ giri/min

$\theta = 30°$

DET:

$C|_{\omega=cost}$? $Q\left[\frac{kcal}{h}\right]$?

↳ coppia

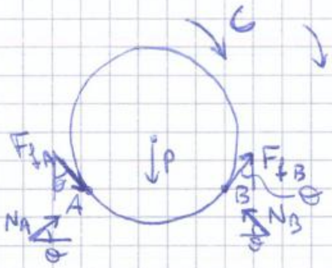
$T = ?$

$P = 981\ N$

$f = 0,25$

$\rho_i = 0,2\ m$ → RAGGIO D'INERZIA (MASSA × (RAGGIO D'IN)^2 = MOM. D'IN.)

D. CORPO LIBERO ALBERO



Forze tang d'attrito formano θ con la verticale, mentre N_A e N_B formano θ con l'orizzontale.

$\leftrightarrow)\quad F_{fA}\,sen\theta + F_{fB}\,sen\theta - N_B\cos\theta + N_A\cos\theta = 0$

$\updownarrow)\quad P + F_{fA}\cos\theta - N_A\,sen\theta - F_{fB}\cos\theta - N_B\,sen\theta = 0$

$O\circlearrowright)\quad C = (F_{fA} + F_{fB})\frac{d}{2} = f(N_A + N_B)\frac{d}{2}$

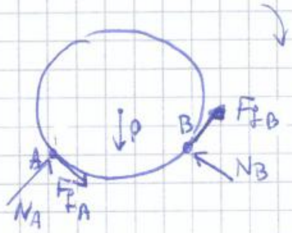
INCOGNITE : $C, N_A, F_{fA}, N_B, F_{fB}$ (5) Ma aggiungo l'info dello strisciam.

$F_{fA} = f \cdot N_A$

$F_{fB} = f \cdot N_B$

Una volta rimossa la coppia, l'albero decelera ⇒ ricavo la decelerazione da cui posso poi valutare il tempo.

62



$\circlearrowright \theta, \dot\theta, \ddot\theta$

$I\ddot\theta$ ⇒ azioni d'inerzia che si oppongono a $\ddot\theta$ ⇒ le ho xké ho una massa.

$$O\circlearrowright \quad I\ddot\theta + (F_{fA} + F_{fB})\frac{d}{2} = 0$$

$$\ddot\theta = -f\frac{(N_A + N_B)}{I}\frac{d}{2}$$

$$\boxed{\rho_i = \sqrt{\frac{I}{m}}} \qquad I = m\rho_i^2 = \frac{P}{g}\rho_i^2 = 4 \ \mathrm{Kg \cdot m^2}$$

Formula del RAGGIO D'INERZIA

$$\dot\theta(t) = \int_0^t \ddot\theta(t)\,dt + \dot\theta(0)$$

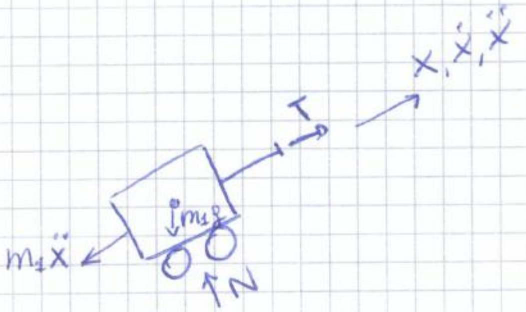
$$\dot\theta(t) = \int_0^t \left[-f\frac{(N_A+N_B)}{I}\frac{d}{2}\right]dt + \omega$$

$$\dot\theta(t) = -at + \omega$$

$$\dot\theta(T) = 0$$

$$0 = -aT + \omega \Rightarrow \quad T = \frac{\omega}{a} = 6{,}05\ s$$

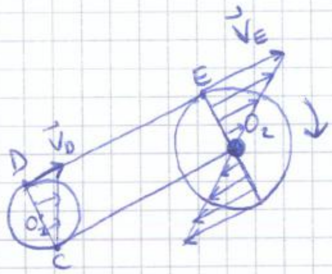
D.C.L. CARRELLO



Non ho info sulla massa delle ruote ⇒ non aggiungo info.

$$/\!/)\quad m_1 \ddot{x} + m_1 g \sin\alpha = T$$

INCOGNITE: $T_1, T_2, T, \ddot{x}, \ddot{\theta}_2$



$V_{O_1} = \dot{x}$

$X_{O_1}(t) = x(t)$

$$\vec{V}_{E\,FUNE} = \vec{V}_{E\,PULEGGIA}$$

$$\vec{V}_E = \underbrace{\vec{V}_{O_2}}_{=0} + V_{E/O_2}$$

$$\vec{V}_E = i\,\omega_2 \overrightarrow{O_2E}$$

$$V_E = \omega_2 r_2 = \dot{\theta}_2 r_2$$

$$\vec{V}_D = \vec{V}_E \qquad \text{(fune inestensibile)}$$

$$\vec{V}_D = \underbrace{\vec{V}_C}_{=0} + \vec{V}_{D/C} = i\,\omega_1 \overrightarrow{CD}$$

$$V_D = \omega_1 CD = \omega_1 \cdot 2r_1 = \dot{\theta}_1 2r_1$$

RISOLUZIONE ESERCIZIO CON TEOREMA DELL'ENERGIA 66

$$\underbrace{\cancel{L_i}}_{=0} + L_e = \Delta E_c + \Delta E_g + \underbrace{\Delta \cancel{E}_e}_{=0}$$

$$L_e = F \cdot r_2 \theta_2 (t^*) = F \cdot \cancel{r_2} \frac{\overline{AB}}{\cancel{r_2}}$$

$$\Delta E_c = E_{c_f} - \overbrace{\cancel{E_{c_i}}}^{=0} = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + \frac{1}{2} I_2 \left[\dot{\theta}_2 (t^*)\right]^2$$

$$= \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + \frac{1}{2} I_2 4 \frac{v_B^2}{r_2^2} = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + \frac{1}{2} \frac{m_2 r_2^2}{2} \cdot 4 \frac{v_B^2}{r_2^2}$$

$$\Rightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + m_2 v_B^2$$

$$\Delta E_g = E_{g_f} - E_{g_i}$$

$$E_{g_f} = m_1 g h_B + m_2 g h_{O_2}$$

$$E_{g_i} = m_1 g h_A + m_2 g h_{O_2}$$

$$\Delta E_g = m_1 g \underbrace{(h_B - h_A)}_{\Delta h (t^*)} = m_1 g \overline{AB} \sin \alpha$$

Faccio l'ipotesi di puro rotolamento (68)

$$\dot{x}_G = V_G = \omega \cdot r = \dot{\theta} r$$

$$\vec{V}_G = \underbrace{\vec{V}_C}_{=0} + \vec{V}_{G/C} = i\omega \overline{CG}$$

$$V_G = \omega r$$

Devo verificare che la mia hp sia veritiera, ovvero che C sia centro di istantanea rotazione: $\Rightarrow \boxed{F_f \leq f_a \cdot N}$

$$F_f = P\sin\alpha - m\ddot{x}$$

$$I\ddot{\theta} - P\text{sen}\alpha \frac{d}{2} + m\ddot{x}\frac{d}{2} + P\cos\alpha \cdot u = 0$$

$$I\frac{\ddot{x}}{d} \cdot 2 - P\text{sen}\alpha \frac{d}{2} + m\ddot{x}\frac{d}{2} + P\cos\alpha \cdot u = 0$$

$$\ddot{x}\left(\frac{2I}{d} + \frac{md}{2}\right) = P\left(\sin\alpha \cdot \frac{d}{2} - u\cos\alpha\right)$$

$$\ddot{x} = \frac{P\left(\sin\alpha \frac{d}{2} - u\cos\alpha\right)}{\left(2\frac{I}{d} + m\frac{d}{2}\right)} =$$

CASO 1 $\alpha = 10°$

$\ddot{x} = 0{,}878 \ m/s^2$ $\qquad \ddot{\theta} = 1{,}756 \ rad/s^2$

$N = 98'481 \ N$ $\qquad F_f = 8414 \ N$

$F_f \leq f_a \cdot N \Rightarrow 8414 < 19696$ Sì!

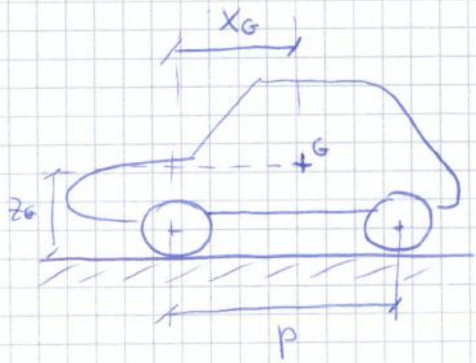
$$\dot{x}(t) = \int_0^t \ddot{x}\,dt + \cancel{\dot{x}(0)} = \ddot{x}t$$

$$x(t) = \int_0^t (\ddot{x}t)\,dt + \cancel{x(0)} = \frac{\ddot{x}t^2}{2}$$

$$x(t) = \overline{AB} = \frac{\ddot{x}t^{*2}}{2} \Rightarrow t^* = \sqrt{\frac{2AB}{\ddot{x}}} = 21{,}34\ s$$

ES. Automobile in partenza (pag 5) ES. n° 12

(70)



$M = 1360$ kg

$p = 2,3$ m

$x_G = 1,3$ m

$z_G = 0,72$ m

RUOTE: $m = 10$ kg

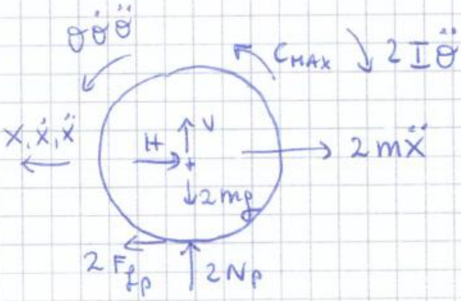
$\rho_i = 0,2$ m

$D = 0,65$ m

DET:

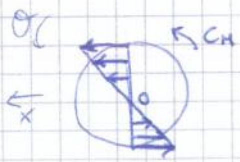
- $C_{MAX}\big|_{\text{PARTENZA ADERENZA LIMITE}}$?
- REAZ. TERRENO ?
- $\ddot{x}$?

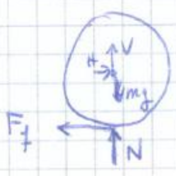
D.C.L ASSIALE POSTERIORE



STAZIONARIE - NO ATTRITO VOLVENTE

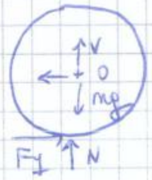
RUOTA MOTRICE





$C_M = F_f \cdot r$

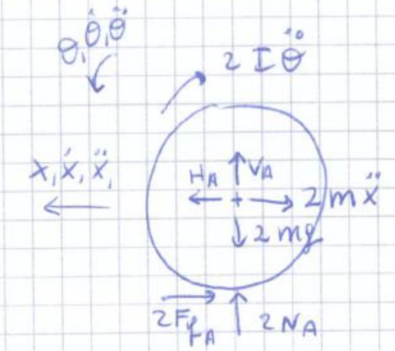
RUOTA CONDOTTA



$O) \; F_f \cdot r = 0$

$F_f = 0$

D.C.L. ASSIALE ANTERIORE



$$O_A \curvearrowleft \quad 2I\ddot\theta - 2F_{fA}\frac{D}{2} = 0$$

ADERENZA LIMITE RUOTE POSTERIORI

$$F_{fp} = f_a \cdot N_p$$

PURO ROTOLAMENTO

$$\ddot x = \frac{D}{2} \cdot \ddot\theta$$

$$\Rightarrow \ddot\theta = \frac{\dfrac{f_a M g x_G}{p}}{\left(M\dfrac{D}{2} + 4\dfrac{I}{D}\right) - \left(4I + \dfrac{MD}{2} z_G\right)\dfrac{f_a}{p}} = 24{,}69 \ rad/s^2$$

$N_p = 5487$ N

$N_A = 1183$ N

$\ddot x = 8{,}02 \ m/s^2$

$F_{fp} = 5487$ N

$F_{fA} = 30{,}39$ N

$C_{MAX} = 3586$ N·m

CASO 2 $\quad V = 200 \ km/h = 55,55 \ m/s$

$$L = \frac{60}{100} mg$$

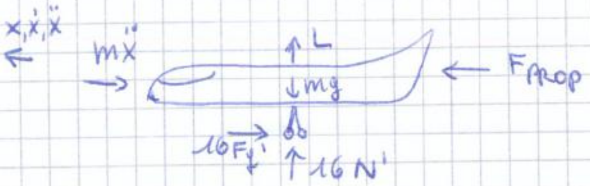
$$f_v = 0,01 + 1,5 \cdot 10^{-6} \omega^2 = 0,023$$

$$V = \omega \frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2V}{d} = 93,06 \ rad/s$$

(Se non viene detto nulla di solito è un puro rotolamento)

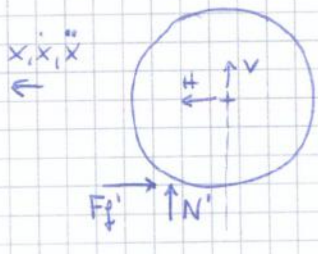
D.C.L. AEREO



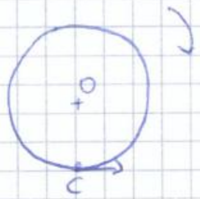
1) $mg - L - 16 N' = 0$

$$N' = \frac{mg - L}{16} = 88290 \ N$$

DCL RUOTA



$$F_f' \frac{d}{2} = N' u \Rightarrow F_f' = 2030 \ N$$



$$\vec{V}_c = \vec{V}_o + \vec{V}_{c/o} = \vec{V} + i\omega\vec{OC}$$

$$V_c = V - \omega \frac{d}{2}$$

$$V_c(t^*) = 0$$

$$V(t^*) - \omega(t^*)\frac{d}{2} = 0$$

$$V(t^*) = \omega(t^*)\frac{d}{2}$$

$$V(t) = \dot{x}(t) = \int_0^t \ddot{x}\,dt + \dot{x}(0) = \ddot{x}t + V_0$$

$$V(t^*) = \ddot{x}t^* + V_0$$

$$\omega(t) = \dot{\theta}(t) = \int_0^t \ddot{\theta}\,dt + \underbrace{\cancel{\dot{\theta}}(0)}_{=0} = \ddot{\theta}t$$

$$\dot{\theta}(t^*) = \ddot{\theta}t^*$$

$$\ddot{x}t^* + V_0 = \ddot{\theta}t^*\frac{d}{2} \Rightarrow t^* = \frac{V_0}{\ddot{\theta}\frac{d}{2} - \ddot{x}}$$

$$t^* = 1{,}228\ s$$

$$x(t) = \ddot{x}\frac{t^2}{2} + V_0 t$$

$$\Rightarrow x(t^*) = 63\ m$$

$$\theta(t) = \theta\frac{t^2}{2}$$

$$\theta(t^*) = \frac{\ddot{\theta}t^{*2}}{2} \Rightarrow n^\circ giri = \frac{\theta(t^*)}{2\pi} = 5{,}13\ giri$$

FOTO SU PREFERITI

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 89 di 124

D.C.L. BARRA

$$\circlearrowleft_C \quad T_2 \cdot a - \left(P \cdot (a+b)\right) = 0$$

Ho 3 equazioni e 5 incognite: $T, T_1, T_2, \ddot{\theta}, \ddot{x}$

Posso aggiungere: $\ddot{x} = \frac{D_1}{2} \ddot{\theta}$ se FUNE E' IN ADERENZA SUL TAMBURO

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\theta_A}$$ ↳ ANGOLO AVVOLGIMENTO NASTRO SU TAMBURO

Ora posso risolvere per sostituzione

$\theta_A = 90° + \alpha$ → vedi D.C.L. TAMBURO ⇒ $\boxed{[\theta_{AVV}] = [rad]}$

$\ddot{\theta} = -1{,}05\ rad/s$

$\theta_{AVV} = 2.617\ rad$

$\ddot{x} = -0{,}184\ m/s^2$

$T = 4197{,}5\ N$

$T_1 = 4505{,}4\ N$

$T_2 = 2533{,}3\ N$

$C_f = 789\ N$

$$= f\, k'\, 2\pi\, \frac{r^2}{2}\Big|_{R_i}^{R_e} = f\, k'\, \frac{2\pi}{2}\left(R_e^2 - R_i^2\right) = f\, k'\, 2\pi\, (R_e - R_i)\cdot \frac{(R_e - R_i)}{2}$$

$$F = N = \int_A dN = \int_A p \cdot dA = \int_A \frac{k'}{r}\, r\, d\theta\, dr = k' \int_{R_i}^{R_e} dr \int_{-\pi}^{\pi} d\theta$$

$$= k'\, 2\pi\, (R_e - R_i)$$

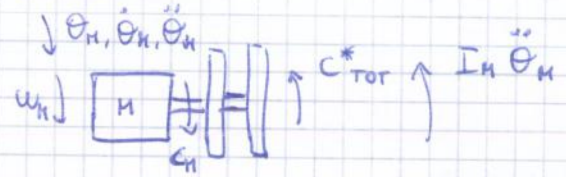
$$\boxed{C^* = f F \frac{(R_e + R_i)}{2} = 55{,}18 \ N\cdot m}$$

$$F = 150\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{N}{kg} = 1471{,}5\ N$$

2^ PARTE

DET: ω^* ? → NO SLITTAMENTO
t^* ?

D.C.L.



1) $C_M - C^*_{TOR} - I_M \ddot\theta_M = 0$

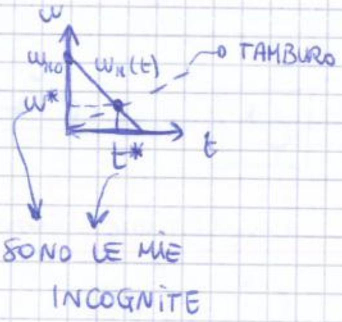
$C_M = 9{,}81 \cdot 5 = 49{,}05\ N\cdot m$

$I_M = M \cdot \rho_{1M} = 2{,}25\ kg \cdot m^2$

$$\Rightarrow \ddot\theta_M = \frac{C_M - C^*_{TOR}}{I_M} = -27{,}25\ rad/s$$

$$\dot\theta_M(t) = \omega_M(t) = \int_0^t \ddot\theta_M(t) + \dot\theta_M(0) = \ddot\theta_M \cdot t + \omega_{M0}$$

↳ è < 0



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 93 di 124

$$\dot{\theta}_M(t) = \ddot{\theta}_M \, t + \omega_{M0}$$

$$\theta_M(t) = \int (\ddot{\theta}_M t + \omega_{M0}) \, dt + 0 = \ddot{\theta}_M \frac{t^2}{2} + \omega_{M0} t$$

$$\theta_M(t^*) = \ddot{\theta}_M \frac{t^{*2}}{2} + \omega_{M0} t^* = \boxed{48{,}23 \text{ rad}}$$

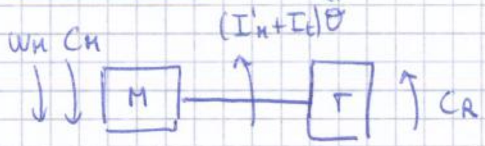
$$\theta_T(t) = \int_0^t \dot{\theta}_T(t) \, dt = \int \ddot{\theta}_T \, t \, dt = \frac{\ddot{\theta}_T t^2}{2}$$

$$\theta_T(t^*) = \ddot{\theta}_T \frac{t^{*2}}{2} = \boxed{7{,}94 \text{ rad}}$$

$$L_e = C_M \; \theta_M(t^*) - C_R \, \theta \, (t^*) = 2292{,}7 \text{ J}$$

$$\Rightarrow L_i = -4452 \text{ J}$$

4^ PARTE



$$C_M - C_R - (I_M + I_T)\ddot{\theta} = 0$$

$$\Rightarrow \ddot{\theta} = 2{,}27 \text{ rad}/s^2$$

$$\dot{\theta}(t) = \int_{t^*}^{t} \ddot{\theta} \, dt + \theta(t^*) = \ddot{\theta}(t - t^*) + \omega^*$$

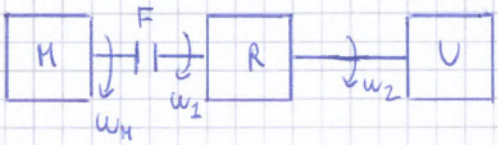
$T \rightarrow \omega_{M0}$ (T è l'istante in cui raggiungo di nuovo ω_{M0})

$$\dot{\theta}(T) = \omega_{M0}$$

$$\ddot{\theta} T - \ddot{\theta} t^* + \omega^* = \omega_{M0}$$

$$T = \frac{\omega_{M0} - \omega^* + \ddot{\theta} t^*}{\ddot{\theta}} = 20 \text{ s}$$

ES n° 34 (SISTEMA MOTORE - RIDUTTORE - CARICO CON INNESTO A FRIZIONE)



DATI:

ω_{M0}

$\omega_2 = 0$

C_M cost

C_U cost

C_f

I_M, I_U

DET:

$\ddot{\theta}_M$?

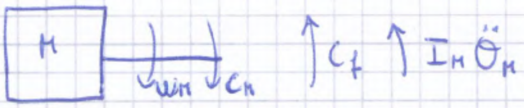
$\ddot{\theta}_2$?

t^* ?

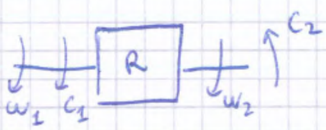
$\omega_M(t^*)$?

$\omega_2(t^*)$?

- - - -



1) $C_M - C_f - I_M \ddot{\theta}_M = 0 \Rightarrow \ddot{\theta}_M = \dfrac{C_M - C_f}{I_M} = -50\ rad/s$



2) $\eta = \dfrac{P_u}{P_i} = \dfrac{C_2 \omega_2}{C_1 \omega_1} = \dfrac{C_2}{C_1 i}$

3) $C_2 - C_U - I_U \ddot{\theta}_2 = 0$

$C_2 = \eta \cdot i \cdot C_1$