

Mișcarea în SRI și SRNI (III)

Forța centripetă și forța centrifugă de inerție

Preambul

În cazul mișcării circulare uniforme sau neuniforme există de asemenea posibilitatea tratării problemelor atât din punctul de vedere al unui SRI cât și din punctul de vedere al unui SRNI.

De exemplu în cazul caruselului din figura alăturată din punctul de vedere al observatorului inerțial legat de Pământ forțele care acționează asupra unui om în scaun sunt greutatea \vec{G} și forța de tensiune în fir \vec{T} . Mișcarea de rotație se face în plan orizontal, viteza scaunului este tangentă la traiectorie iar accelerația este diferită de zero și orientată spre centrul traiectoriei (considerăm cazul simplu când viteza este constantă ca valoare). Această accelerație care apare și care se datorează variației direcției vectorului viteză se numește accelerație centripetă, este orientată mereu spre centrul cercului și are modulul:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

Componenta tensiunii din fir pe direcția razei cercului care reprezintă traiectoria scaunului, \vec{T}_x reprezintă forța de tip centripet care asigură efectuarea mișcării circulare.

Pentru observatorul inerțial principiul II al mecanicii se scrie:

$$Ox: T_x = ma_{cp}, \quad T \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}$$

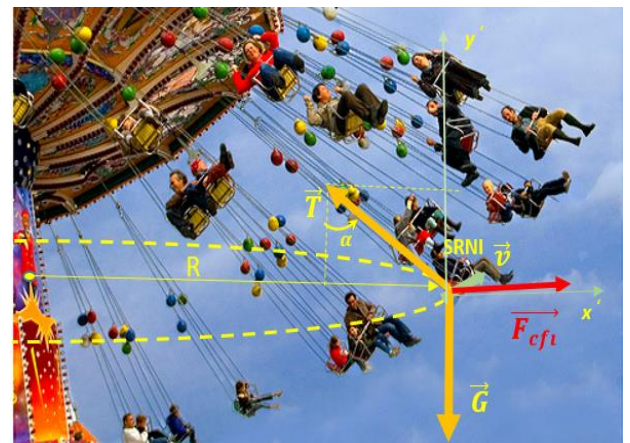
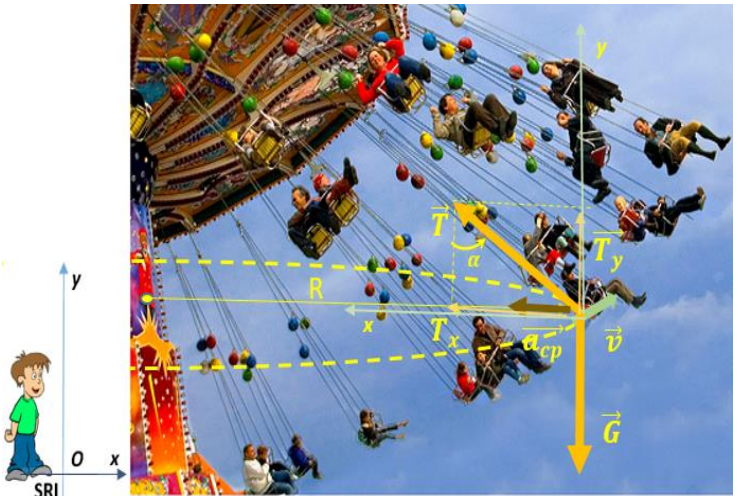
$$Oy: T_y - G = 0, \quad T \cos \alpha = mg$$

Pentru observatorul neinerțial (omul aflat în scaun) apare în plus forța de inerție numită în acest caz **forța centrifugă de inerție** care din punctul lui de vedere împinge scaunul spre exteriorul traiectoriei: $\vec{F}_{cft} = -m\vec{a}_{cp}$ (1)

Din punctul de vedere al observatorului neinerțial (omul din scaun) scaunul este în repaus față de el și posibilitatea de a explica acest lucru este să introducă forța suplimentară care este numită forță centrifugă de inerție definită de relația (1) și desenată în figura alăturată. Pentru acest observator nu există accelerație și principiul II se scrie:

$$Ox: F_{cft} - T_x = 0, \quad T \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}$$

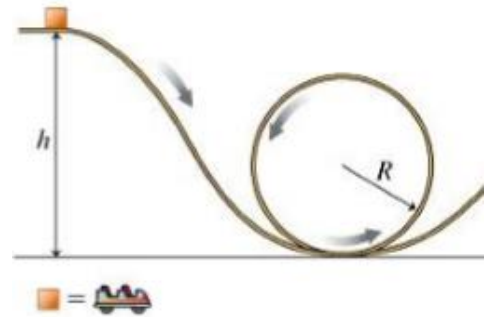
$$Oy: T_y - G = 0, \quad T \cos \alpha = mg$$



Problemă

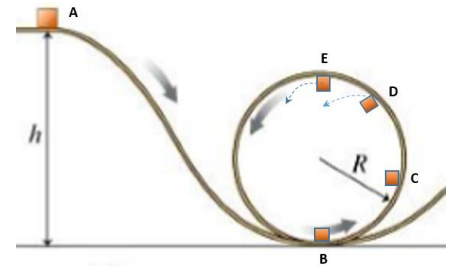
Una din problemele care apare în diferite teste și posibil la examenul de admitere este următoarea.

Un cărucior alunecă fără viteză inițială din vârful unei bucle ca cea din figura alăturată. Mișcarea este fără frecare. Cât trebuie să fie înălțimea minimă de la care trebuie lăsat liber căruciorul astfel încât acesta să fie în stare să parcurgă toată bucla circulară. Căruciorul nu are nici un sistem de prindere de bucla pe care alunecă.



Abordarea de regulă a elevilor este să considere conservarea energiei mecanice. Însă NU este suficient. Trebuie văzut ce înseamnă exact formularea "să fie în stare să parcurgă toată bucla circulară".

Viteza cu care căruciorul ajunge în B depinde de h și pe măsură ce urcă bucla circulară aceasta scade. Dacă viteza din B nu este suficientă atunci căruciorul poate parcurge parțial bucla circulară putând să cadă de pe ea în oricare din punctele C (de aici se întoarce înapoi), D, E, etc. Căruciorul rămâne prins de buclă atât timp cât există o forță de apăsare normală între el și buclă.



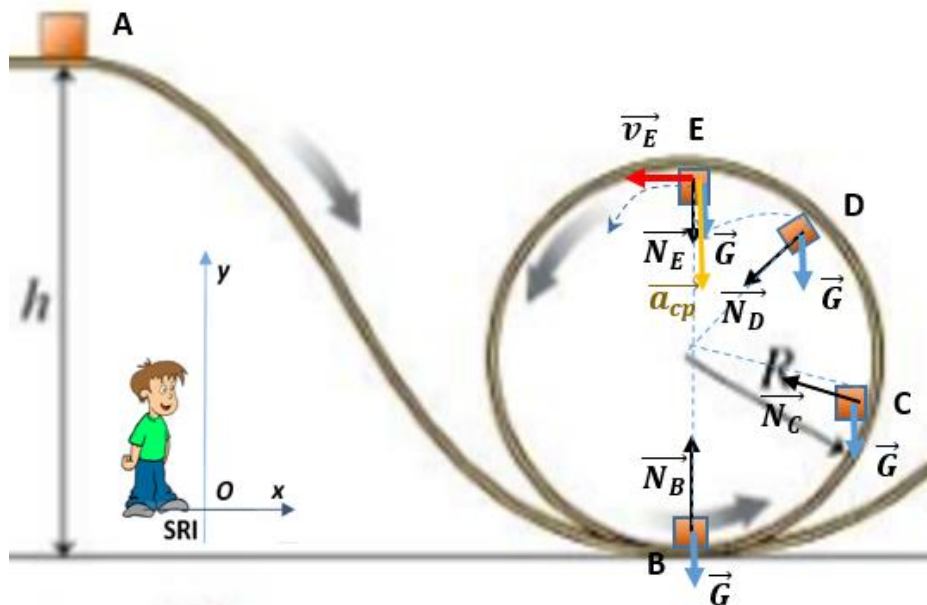
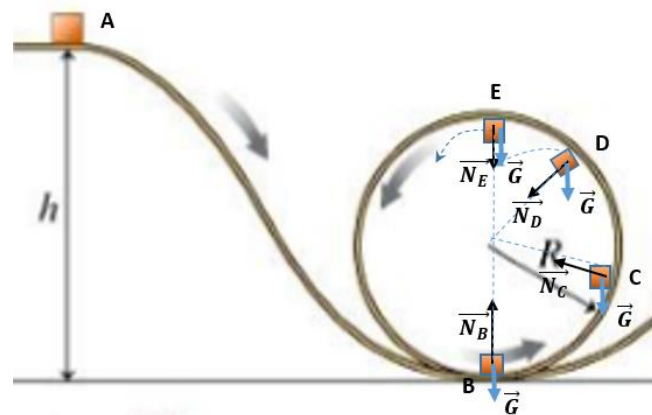
Rezultanta dintre greutate și forța de apăsare normală pe direcția razei buclei în fiecare punct al acesteia reprezintă forța centripetă care asigură efectuarea mișcării circulare.

Din punctul de vedere al observatorului inercial legat de Pământ pentru punctul E:

$$Oy: G + N_E = ma_{cp}$$

Unde $N_E \geq 0$, La limită $N_E = 0$

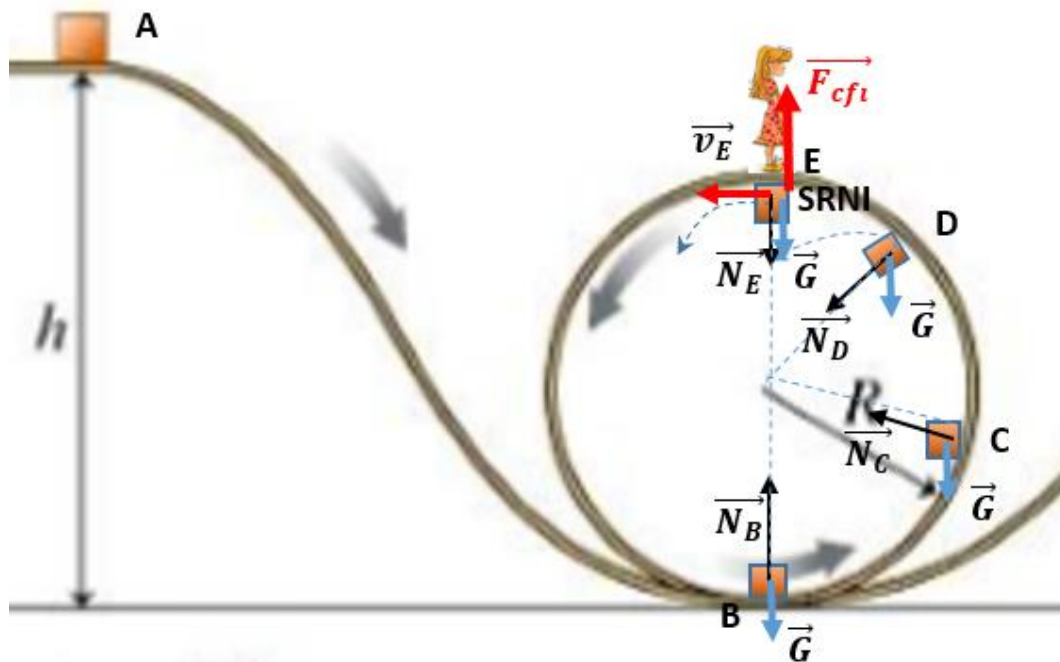
$mg = m \frac{v_E^2}{R}$, $v_E = \sqrt{Rg}$ viteza minimă cu care căruciorul trebuie să ajungă în E, vârful buclei, pentru a putea descrie toată bucla.



Din punctul de vedere al unui observator neinertial legat de cărucior, față de care căruciorul este în repaus, lucrurile se petrec ca și când o forță suplimentară apare, forța centrifugă de inerție, care împinge căruciorul spre exteriorul traiectoriei, $\vec{F}_{cfi} = -m\vec{a}_{cp}$.

$$Oy: G + N_E - F_{cfi} = 0, F_{cfi} = m \frac{v_E^2}{R}$$

Unde $N_E \geq 0$, La limită $N_E = 0$ de unde rezultă similar $v_E = \sqrt{Rg}$



Problema se poate rezolva din punctul de vedere al SRI sau SRNI, rezultatele sunt identice.

ATENȚIE!!! Forța centrifugă de inerție nu este o forță reală, ea apare doar din punctul de vedere al observatorului neinertial pentru a explica în cazul problemei noastre repausul relativ al căruciorului. Pentru orice SRI această forță NU EXISTĂ!

Mai departe pentru a afla h minim astfel încât căruciorul să ajungă în E și să fie stabil pe traiectorie se poate utiliza legea de conservare a energiei între A și E.

$$mgh = 2mgR + \frac{mv_E^2}{2}, \quad h = \frac{5R}{2}$$