CARACTERUL BIDIMENSIONAL AL FORŢELOR FIZICE

Pentru a pune în evidenţă caracterul bidimensional al forţelor fizice (adică pentru a arăta că forţele fizice pot fi exprimate ca relaţii între spaţiu şi timp) arătăm mai întâi că toate forţele fizice pot fi reduse la forţe de tip electrostatic, folosindu-ne de identitatea dimensiunilor fizice ale masei inerte m_i sau gravifice m_g cu dimensiunile fizice ale sarcinii electrice q şi de identitatea dimensională a câmpului electric E cu acceleraţia a. Avem astfel pentru principalele forţe fizice:

1) Forţa de interacţiune electrostatică F_{es}

$$F_{es} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}; \_ pt \_ q_1 = q_2 = q; \Rightarrow F_{es} = k \cdot \frac{q^2}{r^2} [N]$$

unde : F_{es} = forţa electrostatică de interacţiune între sarcinile electrice q_1 şi q_2

$q_1 = q_2 = q = N \cdot q_e$ = sarcinile electrice în interacţiune

q_e = sarcina electrică elementară (sarcina electronului)

N= numărul sarcinilor electrice elementare care compun sarcina

$q_1 = q_2 = q$

k= constanta interactiunilor electrostatice ($k = 9 \cdot 10^9 [a\dim]$)

r = distanţa între centrele sarcinilor electrice aflate în interacţiune.

2) Forţa electrică F_e forţa care acţionează asupra unei sarcini electrice

$q = N \cdot q_e$

aflată într-un câmp electric de intensitate E. $F_e = q \cdot E$ Din relaţia de definiţie a

capacităţii electrice C avem : $C = \frac{q}{U}; \Rightarrow q = C \cdot U; \_ U = E \cdot l; \Rightarrow q = C \cdot E \cdot l.$

Dar C are dimensiunea fizică a lungimii l, iar E este acceleraţie a.

Adică : $E = a = \frac{l}{t^2}; \Rightarrow U = E \cdot l = a \cdot l = \frac{l}{t^2} \cdot l = v^2 \left[\frac{m^2}{s^2} = V \right]$ unde U este

Potenţialul electric (tensiunea electrică) care crează câmpul electric de intensitate E. Rezultă că potenţialul electric U are dimensiunea fizică a vitezei la puterea a doua (viteză la pătrat), iar sarcina electrică q va avea dimensiunile fizice ale produsului între potenţialul electric U şi o lungime l. Adică :

Cum $E = \frac{U}{l} = \frac{q}{l \cdot l} = \frac{q}{l^2}; \Rightarrow F_e = q \cdot E = q \cdot \frac{q}{l^2} = \frac{q^2}{l^2} [N]$

3) Forţa electrodinamică F_{ed} -forţa de interacţiune între doi curenţi electrici şi paraleli de

intensităţile I_1 şi I_2 aflaţi la distanţa r în vid. $F_{ed} = \mu_o \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot r}$

unde : μ_o este permeabilitatea magnetică a vidului $\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}[H/m]$, iar l este lungimea curenţilor care interacţionează.

Din relaţia pentru viteza luminii în vid avem că $v_{lv} = c = 1/\sqrt{\varepsilon_o \cdot \mu_o}$.

Întru-cât am arătat că ε_o este adimensional fizic, rezultă că inversul permeabilităţii magnetice a vidului $1/\mu_o$ trebuie să aibă dimensiunea fizică a vitezei la puterea a doua (viteză la pătrat) $1/\mu_o = v^2 = U = l^2/t^2$. Deci $1/\mu_o$ are dimensiune fizică a potenţialului iar $\mu_o = 1/v^2 = 1/U$ este inversul potenţialului $U = v^2$. Totodată din relaţia de definiţie a curentului electric avem că $I = q/t$. Cum r este o lungime (un spaţiu) l , vom obţine pentru forţa electrodinamică în cazul în care

$$I_1 = I_2 = I = q/t \quad ; \qquad F_{ed} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{q \cdot q \cdot l}{t \cdot t \cdot l} = \frac{t^2}{l^2} \cdot \frac{q^2 \cdot l}{t^2 \cdot l} = \frac{q^2}{l^2}[N]$$

4) Forţa electromagnetică F_{emg} -forţa care acţionează asupra unui curent electric (adică asupra unui conductor parcurs de curentul electric) de intensitate I_c şi lungime l_c aflat într-un câmp magnetic de inducţie magnetică B în vid.

$$F_{emg} = B \cdot I_c \cdot l_c ;\_B = \mu_o \cdot H ;\_H = \frac{N \cdot I_m}{l_{cm}} = N \cdot \frac{q}{t \cdot l_{cm}}\left[\frac{A}{m}\right] \text{ unde :}$$

B este inducţia magnetică în vid

H este intensitatea câmpului magnetic.

N este numărul de spire ale electromagnetului care crează câmpul magnetic de intensitate H

I_m ete curentul de magnetizare (curent care circulă prin înfăşurarea electromagnetului care crează câmpul magnetic de intensitate H şi inducţie B)

l_c este lungimea conductorului parcurs de curentul I_c aflată în câmpul magnetic de inducţie B asupra căreia acţionează forţa electromagnetică F_{emg} .

l_{cm} este lungimea circuitului magnetic (lungimea liniei de cîmp magnetic)

Avem egalităţile dimensionale : $I_c = I_m = I = q/t$ şi $l_c = l_{cm} = l$

$$\Rightarrow B = \frac{1}{v^2} \cdot N \cdot \frac{q}{t \cdot l} = \frac{t^2}{l^2} \cdot \frac{N \cdot q}{t \cdot l} = N \cdot \frac{q \cdot t}{l^3}[T]$$

$$\Rightarrow F_{emg} = N \cdot \frac{q \cdot t}{l^3} \cdot \frac{q}{t} \cdot l = N \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

5) Forţa magnetostatică F_{mgs} -forţa de interacţiune dintre sarcinile (polii) magnetic(i)e în vid .

$$F_{mgs} = \frac{1}{\mu_o} \cdot \frac{p_1 \cdot p_2}{r^2}; \_ \frac{1}{\mu_o} = v^2; \_ p_1 = p_2 = p = \Phi$$ Aici

identificăm sarcina magnetică p cu fluxul magnetic Φ (fluxul inducţiei magnetice B printr-o suprafaţa deschisă – o secţiune- normală la distanţa ce uneşte centrele celor două sarcini magnetice). Avem aşadar : $B = N \cdot \frac{q \cdot t}{l^3}$ şi $S = l^2$ iar

$$\Phi = B \cdot S = N \cdot \frac{q \cdot t}{l^3} \cdot l^2 = N \cdot \frac{q}{v} = p [Wb]$$

$$\Rightarrow F_{mgs} = v^2 \cdot \frac{N \cdot q \cdot N \cdot q}{v \cdot v \cdot r^2} = N^2 \cdot \frac{q^2}{r^2} = k_{mgs} \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

6) Forţa magnetică F_{mg} -forţa care acţionează asupra unui pol magnetic

(= sarcină magnetică) aflată într-un câmp magnetic de intensitate H .

Avem că $H = N \cdot \frac{q}{t \cdot l}$ şi deci

$$F_{mg} = p \cdot H = N \cdot \frac{q}{v} \cdot N \cdot \frac{q}{t \cdot l} = N^2 \cdot \frac{q^2 \cdot t}{l \cdot t \cdot l} = k_{mg} \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

7) Forţa de atracţie gravitaţională (gravistatică) F_{gs} -forţa de interacţiune între masele (sarcinile = sursele câmpurilor) gravifice $m_g = m_i = m$.

$$F_{gs} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$; pentru

$m_1 = m_2 = m_g = m = N \cdot q_e \cdot \frac{l}{r} = q \cdot \frac{l}{r}$ iar γ este constanta atracţiei universale

$$\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \left[\frac{N \cdot m^2}{Kg^2} = a\dim \right]$$

avem : $F_{gs}=\gamma\cdot\frac{q\cdot l\cdot q\cdot l}{r\cdot r\cdot r^2}=\gamma\cdot\left(\frac{l}{r}\right)^2\cdot\frac{q^2}{r^2}=k_{gs}\cdot\frac{q^2}{r^2}=k_{gs}\cdot\frac{q^2}{l^2}[N]$

8) Forţa de inerţie F_i -forţă care acţionează asupra corpurilor (asupra maselor) în momentul şi pe durata schimbării (modificării) stării (nivelului) de mişcare.

Având egalitatea $\frac{q_e}{r_e}=\frac{m_e}{d_e}$ avem $q_e\cdot d_e=m_e\cdot r_e$ din care scoatem $q_e=m_e\cdot\frac{r_e}{d_e}$ sau $m_e=q_e\cdot\frac{d_e}{r_e}$; pentru o sarcină electrică oarecare avem $q=N\cdot q_e$ şi dacă în loc de d_e scriem l iar înloc de r_e punem simplu r putem să punem masa oarecare m sub forma $m=q\cdot\frac{l}{r}$; $q_e=$ sarcina electronului ; $m_e=$ masa electronului ; $r_e=$ raza electronului electronului ; d_e = distanţa elementară. Atunci avem :

$F_i=m\cdot a$; $m_g=m_i=m=q\cdot\frac{l}{r}$; a = E şi deci :

$$F_i=m\cdot a=q\cdot\frac{l}{r}\cdot E=q\cdot\frac{l}{r}\cdot E=q\cdot\frac{l}{r}\cdot\frac{U}{l}=q\cdot\frac{l}{r}\cdot\frac{q/l}{l}=\frac{l}{r}\cdot\frac{q^2}{l^2}=k_i\cdot\frac{q^2}{l^2}[N]$$

9) Forţa centrifugă F_{cfg} -forţă care acţionează asupra corpurilor (maselor) aflate în mişcare pe traiectorii curbilinii (circulare), datorită variaţiei modulului vitezei prin variaţia permanentă a direcţiei de mişcare (de translaţie).

$r=l$, $m=q\cdot(l/r)$, $a=E$ şi deci:

$$F_{cfg}=m\cdot\omega^2\cdot r=q\cdot\frac{l}{r}\cdot(2\cdot\pi\cdot f)^2\cdot r=q\cdot\frac{l}{r}4\cdot\pi\cdot\frac{r}{t^2}=k_{cfg}\cdot q\cdot a=$$

$$=k_{cfg}\cdot q\cdot E=k_{cfg}\cdot q\cdot\frac{q}{l^2}=k_{cfg}\cdot\frac{q^2}{l^2}[N]$$

10) Forţa hidrodinamică F_{hd} -forţă care apare între două surse de fluid aflate la distanţa r una de alta, ce debitează fluidul de densitate ρ cu debitele Q_1 şi Q_2 (ansamblul surselor fiind conţinut în spaţiul ocupat de fluid).

$Q_1=Q_2=Q=v\cdot S$; $r=l$; $v=\frac{l}{t}$; $S=l^2$

$$F_{hd} = \rho \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{\rho \cdot v \cdot S \cdot v \cdot S}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{\rho \cdot l \cdot l^2 \cdot l \cdot l^2}{4 \cdot \pi \cdot t \cdot t \cdot r^2} = \frac{\rho \cdot l^6}{4 \cdot \pi \cdot t^2 \cdot l^2}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{q \cdot l}{r \cdot l^3} = \frac{q}{r \cdot l^2} = \frac{q}{l \cdot l^2} = \frac{q}{l^3}$$

$$\Rightarrow F_{hd} = \frac{q \cdot l^6}{l^3 \cdot 4 \cdot \pi \cdot t^2 \cdot l^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot q \cdot \frac{l}{t^2} = k_{hd} \cdot q \cdot a =$$

$$= k_{hd} \cdot q \cdot E = k_{hd} \cdot q \cdot \frac{q}{l^2} = k_{hd} \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

11) Forţa hidro(aero)dinamică Magnus F_{MS} -forţă ce acţionează asupra corpurilor de lungime l în mişcare de rotaţie cu viteza unghiulară ω aflate într-un curent de fluid de densitate ρ cu viteza (direcţia) de circulaţie v_∞ perpendiculară pe direcţia axei de rotaţie.

$$F_{MS} = 2 \cdot k \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \omega \cdot \rho \cdot v_\infty \cdot l = 2 \cdot k \cdot \pi \cdot r^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \rho \cdot v_\infty \cdot l =$$

$$= 4 \cdot k \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot f \cdot \rho \cdot v_\infty \cdot l$$

unde : k este un factor ce ţine seama de forma (secţiunii transversale normală la axa de rotaţie a) corpului

f este frecvenţa de rotaţie a corpului,

ρ este densitatea fluidului

v_∞ este viteza de circulaţie a curentului de fluid

r este raza secţiunii transversale a corpului (de formă cilindrică)

l este lungimea corpului

$$\Rightarrow F_{MS} = 4 \cdot k \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot \frac{l}{t} \cdot \rho \cdot v_\infty ;\_ t = \frac{1}{f} ;\_ v_\infty = \frac{l}{t} = v$$

$$\Rightarrow F_{MS} = 4 \cdot k \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot v^2 \cdot \rho ;\_ \rho = \frac{q}{l^3} ;\_ r = l$$

$$\Rightarrow F_{MS} = 4 \cdot k \cdot \pi^2 \cdot l^2 \cdot v^2 \cdot \frac{q}{l^3} = k_{MS} \cdot \frac{v^2}{l} \cdot q ;\_ \frac{v^2}{l} = a = E = \frac{q}{l^2}$$

$$\Rightarrow F_{MS} = k_{MS} \cdot q \cdot \frac{q}{l^2} = k_{MS} \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

12) Forţa de deformare elastică F_{df} forţă care apare ca reacţiune internă în corpurile ce suferă o deformare sub acţiunea unor forţe exterioare, forţă care se opune deformării, tinzând să aducă corpurile la forma iniţială, şi se datorează legăturilor intermoleculare. $F_d = k \cdot y = k \cdot \Delta l$

unde : k este constanta de elasticitate a corpului.

$y = \Delta l$ este alungirea sau variaţia lungimii corpului sub acţiunea forţei deformatoare

k este dat de relaţia $k = \frac{E \cdot S}{l_0}$

în care : E este modulul de elasticitate al materialului din care este constituit (confecţionat) corpul de probă supus deformării

S este secţiunea corpului (de probă) normală la direcţia de acţiune a forţei deformatoare.

l_0 este lungimea iniţială a corpului (înainte de acţiunea forţei) măsurată pe direcţia de acţiune a forţei

Din legea lui Hoock avem :

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}; \Rightarrow E \cdot S \cdot \Delta l = F \cdot l_0; \Rightarrow E = \frac{l_0}{\Delta l} \cdot \frac{F}{S} = \frac{l_0}{\Delta l} \cdot \frac{m \cdot a}{S};$$

$$\Rightarrow F_d = \frac{E \cdot S}{l_0} \cdot \Delta l = \frac{l_0}{\Delta l} \cdot \frac{m \cdot a}{S} \cdot \frac{S}{l_0} \cdot \Delta l = m \cdot a =$$

$$= \frac{l}{r} \cdot q \cdot a = \frac{l}{r} \cdot q \cdot E = k_d \cdot q \cdot \frac{q}{l^2} = k_d \cdot \frac{q^2}{l^2} [N]$$

Aşadar am găsit că toate forţele fizice pot fi exprimate printr-o relaţie de forma:

$F_x = k_x \cdot \frac{q^2}{l^2}$; unde $q = N \cdot q_e$. Adică toate forţele fizice pot fi reduse la forţe de tip electrostatic. Din relaţia ce am obţinut-o pentru viteza luminii (în cazul procesului de anihilare a electronului) avem : $c^2 = \frac{k \cdot q_e}{r}$ unde k fiind adimensional fizic rezultă că raportul sarcinii electrice elementare q_e către distanţa de interacţiune $r = d_e$, are dimensiunea fizică a vitezei la puterea a doua (la pătrat), adică este un potenţial şi anume chiar potenţialul electrostatic U_{ese} al sarcinii electrice elementare (al electronului).

$$\Rightarrow \frac{q_e}{r} = \frac{q_e}{d_e} = v_e^2 = U_{ese}\ ;\ \ q_e = v_e^2 \cdot d_e = Q_e \cdot f_e = v^2 \cdot l$$

şi $q = N \cdot q_e = N \cdot v_e^2 \cdot l_e = N \cdot Q_e \cdot f_e \quad \left(f_e \equiv f_{fae}\right).$

Adică sarcina electrică q este dată de produsul potenţial U ori lungime l, ($q = U \cdot l$) sau produsul debit Q ori frecvenţă f ($q = Q \cdot f$. Înlocuind în relaţia forţelor sarcina electrică q prin relaţia de explicitare a ei obţinem :

$$F_x = k_x \cdot \frac{q^2}{l^2} = \frac{\left(v^2 \cdot l\right)^2}{l^2} = \frac{v^4 \cdot l^2}{l^2} = k_x \cdot v^4 = \frac{l^4}{t^4}\left[N = \frac{m^4}{s^4}\right]$$ Rezultă că forţa fizică

are dimensiunea fizică a potenţialului $U = v^2$ la puterea a doua (la pătrat), sau a produsului a două potenţiale diferite U_1 şi U_2 ;

$$\Rightarrow F_x = k_x \cdot U^2 = k_x \cdot \left(v^2\right)^2 = k_x \cdot v^4 = \frac{l^4}{t^4}\left[N = \frac{m^4}{s^4}\right]$$ sau

$$F_x = k_x \cdot U_1 \cdot U_2 = k_x \cdot v_1^2 \cdot v_2^2 = k_x \cdot \frac{l_1^2}{t_1^2} \cdot \frac{l_2^2}{t_2^2} = \frac{l^4}{t^4}\left[N = \frac{m^4}{s^4}\right]$$

Reducerea tuturor forţelor fizice întâlnite în fizică şi în aplicaţiile tehnice la forţe de tip electrostatic (pe care am utilizat-o pentru a evidenţia caracterul bidimensional al forţelor fizice) nu înseamnă că toate forţele fizice sunt de tip electrostatic. Acesta nu este decât un artificiu de calcul, o transpunere sau echivalare a tuturor forţelor fizice cu forţele de tip electrostatic, care arată doar că în toate forţele fizice sunt implicate şi sarcinile electrice. Forţele apar în cursul (pe durata) interacţiunilor fizice specifice. Interacţiunea fizică are loc (se produce) la nivelul particulelor elementare. Toate particulele elementare generează în jurul lor câmp electromagnetic. Unele produc câmp electromagnetic pulsator (cu semiunde de o singură polaritate, fie negativă fie pozitivă). Acestea sunt particulele purtătoare de sarcină electrică. Altele produc câmp electromagnetic alternativ (cu semiunde pozitive şi negative). Acesta este cazul particulelor neutre electric; neutroni şi fotoni (particule purtătoare de masă) . Toate particulele prezintă la periferie suprafaţa generatoare a câmpului propriu. Din interferenţa câmpului propriu al particulelor cu câmpul (cu undele de câmp) generat de alte particule (sisteme de particule) apare o asimetrie în sfera de presiune din jurul particulei. Pe faţa unde liniile de câmp (câmpul propriu generat de particulă şi câmpul exterior particulei) au sensuri contrare (acolo unde există deosebirea de mişcare) apare depresiune în spaţiu (datorită pompajului cu viteza mult mai mare a eterului, a spaţiului volumic, fiindcă particulele elementare sunt pompe de eter = spaţiu=volum). Diferenţa de presiune între faţa unde liniile de câmp au sensuri diferite (opuse) şi faţa unde liniile de câmp au acelaşi sens, este presiunea ce se exercită asupra particulei. Presiunea aceasta este dată de de produsul intensităţilor câmpurilor care interferă la suprafaţa particulei. Aceasta presiune înmulţită cu suprafaţa de interacţiune a particulei dă forţa care determină accelerarea particulei (alunecarea hidrodinamică accelerată a particulei prin eter) dea lungul unei traiectorii date de locul geometric al punctelor de presiune minimă. Orice forţă este dată de produsul între presiune p şi suprafaţa S pe care se exercită presiunea ($F = p \cdot S$). Totodată din însumarea câmpurilor care interferă (din transferul mişcării de la câmpul exterior la câmpul particulei) în structura dinamică a particulei se stabileşte pe durata accelerării ei, un regim de pompare şi circulaţie a eterului în jurul particulei care menţine asimetria sferei de presiune şi după ce particula accelerată a ieşit din câmpul accelerator, ceeace asigură translaţia rectilinie şi uniformă (cu viteză constantă) cu viteza capătată pe durata accelerării ei, adică inerţia particulei. In momentul frănării particulei (prin interacţiune cu altă particulă) această presiune se transferă particulei ciocnite, particulă care va suferi la rândul ei accelerarea, adică va căpăta energie cinetică (W_c). Aşadar putem spune că esenţa filozofică a forţei este deosebirea de mişcare (la nivelul liniilor de câmp, ca direcţie intensitate şi sens), iar esenţa fizică a forţei este presiunea p, care rezultă din interferenţa câmpurilor şi este dată de produsul intensităţii câmpurilor care interferă pe secţiunea de interacţiune. Putem spune (la modul general) ca forţa este calea şi efectul transferării mişcării de la un sistem la altul. In cazul particulelor legate în sisteme (în corpuri) interacţiunea care nu duce la accelerarea sistemului (corpului) forţa (presiunea) transmiţându-se prin legături întregului sistem, produce deformarea sistemului (modificarea legăturilor dintre particulele sistemului).