

**LBRIS**

We know  
books

**Lucian Corbu**

**MECANISMUL  
CAUZĂ-EFECT**

**LETRAS**

Promovăm autorii români

Introducere.....	5
1. Critica Principiului Acțiunii și Reacțiunii .....	7
2. Inconsistența Principiului Acțiunii și Reacțiunii .....	26
3. Analiza teoretică și calculele matematice ce demonstrează inconsistența Principiului Acțiunii și Reacțiunii .....	34
4. Experimentele ce demonstrează inconsistența Principiului Acțiunii și Reacțiunii .....	44
5. Noua formulă a forțelor opuse.....	52
6. Verificarea experimentală a noii formule a forțelor opuse .....	58
7. Critica mecanicii clasice .....	71
8. Principiul Acceptării (Armoniei).....	100
9. Definiția Cauzei și Efectului.....	114
10. Corpuri comune, corpuri libere.....	117
11. Principiul Cauzei și Efectului .....	124
12. Principiul Opoziției (Echilibrului).....	142
13. Inacțiunea și Acțiunea unidirecțională, nereciprocă .....	160
14. Definiția Cauzei negative și a Efectului negativ.....	171
15. Acceptarea Cauzei și Efectului .....	175
16. Respingerea Cauzei și Efectului. ....	182
17. Mecanismul de reglare al Cauzei și Efectului.....	190
18. Buclele Cauză-Efect .....	196
19. Direcția, poziția și forma unui corp aflat în mișcare.....	209
20. Efecte de mișcare .....	219
Încheiere .....	236
Bibliografie.....	238

## 1. CRITICA PRINCIPIULUI ACȚIUNII ȘI REACȚIUNII

Pentru început vom pune un pic sub lupă Legea a treia a mișcării a lui Newton, și dacă până acum cineva era sigur că știa totul despre această lege, cred și sper că după lectura următoare nu va mai fi așa de sigur.

În anul 1687 Sir Isaac Newton publica cele trei legi ale mișcării care stau la baza fizicii mecanice clasice. De mai bine de trei sute de ani cunoașterea acestui set de legi a fost fundamentală pentru înțelegerea mecanismelor care sunt angrenate în lumea materială. Fără îndoială că este cu totul remarcabilă rigurozitatea Legilor mișcării, modul în care ele descriu mecanismele fizice din natură. Din Principiul Acțiunii și Reacțiunii știm de pildă că dacă împingem cu palma un zid vom fi împinși înapoi de forța de reacțiune a zidului. La fel înțelegem că dacă apăsăm cu mâna pe un zid ni se va imprima pe mână urma zidului, dovada faptului că deși noi acționăm asupra zidului, în aceeași măsură suportăm acțiunea zidului asupra noastră.

Unul din aspectele mai puțin remarcate ale acestor legi este modul în care ele sunt elaborate. Cele trei legi ale mișcării deși sunt enunțate separat, în bună măsură sunt legate între ele. Astfel Legea întâi definește ce se întâmplă când asupra unui corp nu acționează nici o forță, Legea a doua definește ce se întâmplă când o forță acționează asupra unui corp, iar Legea a treia definește ce se întâmplă când o forță acționează asupra unui ansamblu compus din două corpuri. În acest ultim caz observația lui Newton a fost că între cele două corpuri se exercită forțe egale și de sens contrar denumite Acțiune și Reacțiune.

Să reamintim aici una din definițiile scurte ale Legii a treia a mișcării, chiar în formularea lui Newton: „*La orice Acțiune există o Reacțiune egală și de sens contrar*” (Newton, 1846, p. 83). Această lege mai este cunoscută și ca *Principiul Acțiunilor Reciproce*, în ideea că cele două corpuri acționează reciproc unul asupra celuilalt, între corpuri existând astfel o „interacțiune”, rezultând de aici că forțele există doar în perechi Acțiune-Reacțiune, o forță neexistând niciodată de una singură.

O primă problemă critică care vreau să o semnaliez de la bun început este necesitatea identificării corecte a perechilor de forțe Acțiune-Reacțiune. În acest scop vom defini un set de reguli, care verifică aplicarea corectă a legii. Ideea este că în acest proces de atribuire a perechilor de forțe Acțiune-Reacțiune nu trebuie să mergem pe încredere, pe intuiție sau pe experiență, ci pur și simplu urmăm niște reguli stabilite și verificate înainte. În lipsa cunoașterii acestui set de reguli, oricine poate comite erori în identificarea perechilor Acțiune-Reacțiune.

### 1.1 Reguli de identificare a perechilor Acțiune-Reacțiune

1. Prima regulă cere ca forțele Acțiune-Reacțiune să fie de același tip, trebuie să fie generate în mod identic. Această regulă se regăsește într-un comentariu original al lui Newton. Astfel în accepțiunea lui Newton unei forțe de tragere i se opune tot o forță

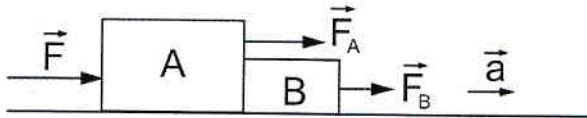
de tragere, iar unei forțe de împingere i se opune tot o forță de împingere: „Orice corp, trăgând sau împingând un alt corp, este tras sau împins în aceeași măsură. Dacă degetul împinge o piatră, la fel și piatra va împinge degetul. Dacă un cal trage o piatră legată de el cu o frânghie, în aceeași măsură piatra va trage înapoi calul...” (Newton, 1846, p. 83). Putem extrapola acest comentariu al lui Newton și la alte tipuri de forțe: de exemplu unei forțe de atracție gravitațională i se va opune tot o forță de atracție gravitațională, unei forțe elastice i se opune tot o forță elastică, unei forțe magnetice i se opune o forță magnetică etc. Fără această regulă, dacă nu facem distincție între forțele de diferite tipuri, atunci pot apărea confuzii, și anume se poate interpreta în mod greșit că unei forțe de tragere i se opune o forță de împingere, sau că unei forțe magnetice i se opune o forță gravitațională, dacă aceste forțe sunt egale și de sensuri opuse.

2. Cea de a doua regulă cere ca Acțiunea și Reacțiunea să se aplice unor corpuri diferite, nu aceluiași corp. Două forțe egale și opuse care se aplică unui singur corp, anulându-se, nu sunt o pereche Acțiune-Reacțiune.

3. Cea de a treia regulă cere ca acțiunile să fie simultane: Acțiunea și Reacțiunea iau naștere simultan și dispar simultan, doar în perechi. Forțele care apar sau dispar decalat, la momente diferite, nu pot fi o pereche Acțiune-Reacțiune, pentru că o forță nu apare sau dispare singură, ci doar împreună cu perechea ei.

## 1.2 Calculele matematice ce demonstrează Principiul Acțiunii și Reacțiunii

Acum să vedem și exemple însoțite de calcule matematice prin care se demonstrează Legea a treia a mișcării. În cazul când cele două corpuri care interacționează accelerează în același sens, o demonstrație simplă a Principiul Acțiunii și Reacțiunii se poate face împărțind forța  $F$  care acționează asupra ambelor corpuri în două forțe separate,  $F_A$  și  $F_B$ , care acționează asupra fiecărui corp în parte. În figura 1.1 interacțiunea are loc între două corpuri, notate  $A$  și  $B$ .



**Fig.1.1.** Forța  $F$  care accelerează două corpuri notate  $A$  și  $B$ , este suma forțelor  $F_A$  și  $F_B$  care accelerează fiecare corp în parte

În figura 1.1 forța  $\vec{F}$  accelerează corpul  $A$ , care la rândul lui împinge mai departe corpul  $B$ . Practic însă forța  $\vec{F}$  se exercită asupra masei însumate a celor două corpuri  $A$  și  $B$ , și în consecință ambele corpuri au aceeași accelerație  $\vec{a}$ :

$$F = (m_A + m_B)a = m_A a + m_B a. \quad (1.1)$$

Cele două forțe  $F_A$  și  $F_B$  care accelerează fiecare corp în parte sunt:

$$F_A = m_A a, \quad (1.2)$$

$$F_B = m_B a. \quad (1.3)$$

Înlocuind cele două forțe  $F_A$  și  $F_B$  în ecuația (1.1) rezultă destul de clar că forța  $F$  este suma celor două forțe care accelerează fiecare corp în parte:

$$F = F_A + F_B \tag{1.4}$$

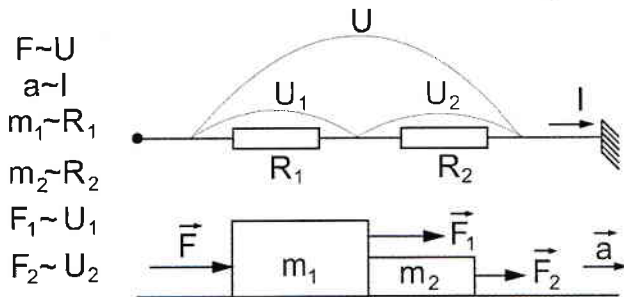
Putem demonstra acum matematic Legea a treia a mișcării. Plecând de la această ecuație (1.4) rezultă că forța  $F_A$  care accelerează corpul  $A$  este dată de diferența dintre forța  $F$  care accelerează ambele corpuri și forța  $F_B$  care accelerează doar corpul  $B$ :

$$F_A = F - F_B. \tag{1.5}$$

Deci observația pe care o facem este că în figura 1.1, asupra corpului  $A$ , pe lângă forța  $F$  care-l accelerează, se va exercita întotdeauna și o forță de Reacțiune  $-F_B$  care-l decelerează, vezi ecuația (1.5). Așadar cele două forțe ale interacțiunii dintre corpurile  $A$  și  $B$  sunt pe de o parte forța de Acțiune  $F_B$  care accelerează corpul  $B$ , iar pe de altă parte forța de Reacțiune  $-F_B$  care decelerează corpul  $A$ , între cele două forțe opuse existând o relație evidentă de egalitate, în modul:

$$F_B = |-F_B| \tag{1.6}$$

Merită menționat faptul că această explicație, a modului în care forța  $F$  se împarte în două forțe  $F_A$  și  $F_B$  ce accelerează fiecare corp în parte, este similară cu explicația din electricitate, a modului cum tensiunea de la borne se împarte pe mai multe rezistențe în serie. Cele două situații, din mecanică și electricitate, sunt ilustrate comparativ în figura 1.2.



**Fig.1.2.** În mecanică două corpuri sub acțiunea unei forțe  $F$  au aceeași accelerație  $a$ , la fel cum în electricitate prin două rezistențe în serie pe care cade o tensiune  $U$  trece un curent de aceeași intensitate  $I$

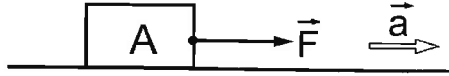
În mecanică forța exercitată asupra a două corpuri se împarte proporțional la cele două mase, fel cum în electricitate tensiunea de la borne se împarte proporțional pe două rezistențe în serie. Așadar putem face o analogie între aceste două situații din mecanică și electricitate, asemănând forța cu tensiunea, accelerația cu intensitatea curentului, iar masa cu rezistența. Ecuațiile din mecanică și electricitate sunt similare:

-în electricitate  $U = RI = (R_1 + R_2)I$ ;  $U_2 = IR_2$ ;  $U_1 = U - U_2$ .

-în mecanică  $F = ma = (m_1 + m_2)a$ ;  $F_2 = am_2$ ;  $F_1 = F - F_2$ .

Principiul Acțiunii și Reacțiunii poate fi demonstrat și mai detaliat printr-un calcul bazat pe Principiul Fundamental, în ideea exprimată anterior că între cele două principii newtoniene există o strânsă legătură.

În figura 1.3 avem ilustrat Principiul Fundamental, exprimat prin formula  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Acesta este prima fază, în care o forță  $\vec{F}$  exercitându-se asupra unui singur corp cu masa  $m$  îi imprimă o accelerație  $\vec{a}$ .

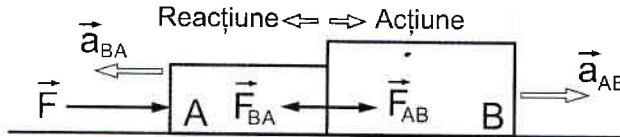


**Fig. 1.3.** Un corp cu masa  $m$ , sub acțiunea unei forțe  $\vec{F}$ , capătă o accelerație  $\vec{a}$

De exemplu asupra unui corp notat  $A$ , ce are masa  $m_A = 2\text{ kg}$ , se exercită o forță  $F = 10\text{ N}$ . De aici rezultă că forța  $F$  îi imprimă corpului  $A$  o accelerație

$$a = \frac{F}{m_A} = \frac{10\text{ N}}{2\text{ kg}} = 5\text{ m/s}^2. \quad (1.7)$$

Într-o a doua fază adăugăm în figură un al doilea corp, notat  $B$ , având masa  $m_B = 3\text{ kg}$ , și acum aceeași forță  $\vec{F}$  trebuie să accelereze ambele corpuri,  $A$  și  $B$ , vezi figura 1.4.



**Fig. 1.4** Aceeași forță  $F$  accelerează acum două corpuri,  $A$  și  $B$ . Forța  $F_{AB}$  cu care corpul  $A$  accelerează corpul  $B$ , este egală cu forța  $-F_{BA}$  cu care corpul  $B$  decelerează corpul  $A$ . Forța  $F_{AB}$  și accelerația  $a_{AB}$  sunt pozitive, iar forța  $-F_{BA}$  și accelerația  $-a_{BA}$  au sens opus fiind negative

Acest al doilea caz ilustrează Principiul Acțiunii și Reacțiunii, deoarece în experiment sunt două corpuri  $A$  și  $B$  care interacționează. Acum aceeași forță  $\vec{F}$  se exercită asupra maselor însumate ale celor două corpuri și în consecință accelerația  $a'$  imprimată celor două corpuri este comună:

$$a' = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{10\text{ N}}{(3+2)\text{ kg}} = 2\text{ m/s}^2. \quad (1.8)$$

Așadar acum sub acțiunea forței  $\vec{F}$  ambele corpuri accelerează cu  $a' = 2\text{ m/s}^2$ . În comparație cu primul caz rezultă că, împingând și accelerând corpul  $B$ , corpul  $A$  decelerează de la  $a = 5\text{ m/s}^2$  la  $a' = 2\text{ m/s}^2$ .

Prin urmare corpul  $A$  acționează cu o forță  $F_{AB}$  asupra corpului  $B$ , accelerația imprimată de  $A$  lui  $B$  fiind

$$a_{AB} = a' = 2\text{ m/s}^2. \quad (1.9)$$

La rândul lui corpul  $B$  acționează cu o forță  $F_{BA}$  asupra corpului  $A$ , în sens opus, producându-i o decelerație de la  $a$  la  $a'$ :

$$-a_{BA} = a - a' = 5\text{ m/s}^2 - 2\text{ m/s}^2 = 3\text{ m/s}^2. \quad (1.10)$$

Asupra corpului  $B$  se exercită o forță Acțiune  $F_{AB}$  care îl accelerează:

$$F_{AB} = m_B a_{AB} = 3\text{ kg} * 2\text{ m/s}^2 = 6\text{ N}. \quad (1.11)$$

Pe lângă forța  $F$ , asupra corpului  $A$  se exercită și o forță Reacțiune  $F_{BA}$  care îl decelerează:

$$F_{BA} = m_A a_{BA} = 2\text{ kg} * (-3\text{ m/s}^2) = -6\text{ N}. \quad (1.12)$$

După cum se poate observa din calculul matematic:

$$F_{AB} = -F_{BA} = 6 \text{ N.} \quad (1.13)$$

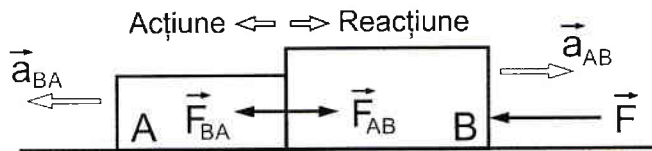
Cele două forțe Acțiune și Reacțiune, respectiv  $F_{AB}$  și  $F_{BA}$ , sunt egale dar de sens contrar: una accelerează corpul  $B$ , cealaltă decelerează corpul  $A$ . Această egalitate a forțelor opuse, cu care corpurile acționează unul asupra celuilalt, se păstrează întotdeauna, deoarece conform Principiului Fundamental forța  $F$  se distribuie proporțional pe cele două mase, imprimându-le o aceeași accelerație.

Dacă în figura 1.4 însă inversăm sensul forței  $\vec{F}$  și o exercităm inițial asupra corpului  $B$  care are masa mai mare, vom observa un lucru interesant, și anume forțele de Acțiune și Reacțiune care se exercită între corpuri vor rămâne egale, dar se vor micșora. În acest caz forța inițială  $\vec{F}$  se distribuie mai mult asupra corpului  $B$  care are masa mai mare, și mai puțin ca Acțiune asupra corpului  $A$  care are masa mai mică, iar în consecință cele două forțe opuse și egale Acțiune și Reacțiune vor fi mai mici decât cazul precedent. Să efectuăm calculele și pentru această a doua variantă, care este ilustrată în figura 1.5.

La fel ca în exemplul precedent, pornim de la Legea a doua a mișcării, și într-o primă fază forța  $\vec{F}$  se exercită doar asupra corpului  $B$ , imprimându-i o accelerație

$$a = \frac{F}{m_B} = \frac{10 \text{ N}}{3 \text{ kg}} = 3,33 \text{ m/s}^2. \quad (1.14)$$

În a doua fază forța  $\vec{F}$  împinge ambele corpuri  $A$  și  $B$ , iar accelerația imprimată celor două corpuri va fi aceeași ca și în cazul precedent,  $a' = 2 \text{ m/s}^2$ , vezi figura 1.5.



**Fig. 1.5** Când forța  $\vec{F}$  acționează direct asupra corpului ce are masa mai mare, perechea de forțe Acțiune-Reacțiune  $F_{AB}$  și  $-F_{BA}$  are valori mai mici

Rezultă că împingând corpul  $A$ , corpul  $B$  decelerează de la  $a = 3,33 \text{ m/s}^2$  la  $a' = 2 \text{ m/s}^2$ , și deci în urma interacțiunii corpul  $B$  este decelerat cu

$$-a_{AB} = a - a' = 3,33 \text{ m/s}^2 - 2 \text{ m/s}^2 = 1,33 \text{ m/s}^2 \quad (1.15)$$

Asupra corpului  $A$  se va exercita o forță Acțiune  $F_{BA}$  care-l accelerează:

$$F_{BA} = m_A a_{BA} = m_A a' = 2 \text{ kg} * 2 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ N.} \quad (1.16)$$

Asupra corpului  $B$ , pe lângă forța  $F$  se va exercita în plus și o forță Reacțiune  $F_{AB}$  care-l decelerează:

$$F_{AB} = m_B a_{AB} = 3 \text{ kg} * (-1,33 \text{ m/s}^2) = -4 \text{ N.} \quad (1.17)$$

Cele două forțe care se exercită între corpurile  $A$  și  $B$  sunt egale și de sensuri opuse:

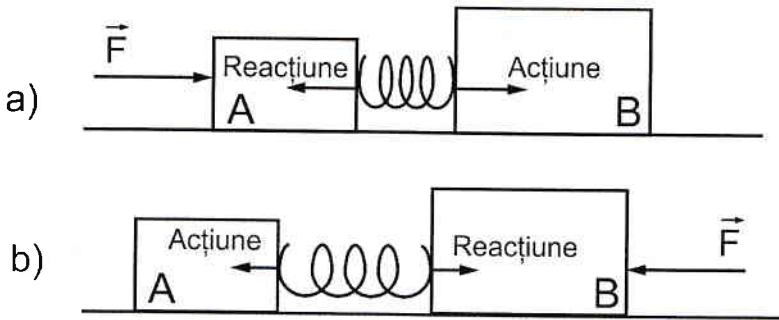
$$F_{BA} = -F_{AB} = 4 \text{ N.} \quad (1.18)$$

În primul caz, când forța  $F$  împinge corpurile de la stânga la dreapta, forțele de Acțiune și Reacțiune erau în mărime de  $6 \text{ N}$ . În al doilea caz, când aceeași forță  $F$  împinge corpurile în sens opus de la dreapta la stânga, forțele Acțiune-Reacțiune sunt

mai mici, de doar 4N. Prin compararea mărimii forțelor de Acțiune și Reacțiune din aceste două exemple vedem că, în funcție de corpul care inițiază experimentul, valorile forțelor Acțiune-Reacțiune vor diferi de la un caz la altul, chiar dacă egalitatea dintre cele două forțe opuse se păstrează.

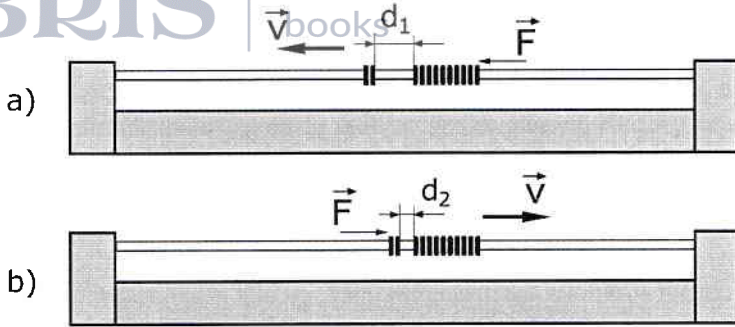
### 1.3 Experimente ce demonstrează diferența de magnitudine a forțelor Acțiune-Reacțiune, în cazul a două corpuri cu mase inegale ce se mișcă în același sens

Putem observa vizual această diferență a mărimii forțelor ce se exercită între corpuri, inserând un arc de compresie între cele două corpuri de mase inegale  $A$  și  $B$ , precum în figura 1.6. În varianta a) ilustrând primul caz, în care perechea de forțe Acțiune-Reacțiune este de 6N, arcul este mai comprimat decât în varianta b) ce ilustrează al doilea caz, în care perechea de forțe Acțiune-Reacțiune este de doar 4N. Așadar când împingem cele două corpuri, dacă vrem ca arcul să fie solicitat mai puțin, atunci vom alege să acționăm cu forța  $\vec{F}$  direct asupra corpului mai greu precum în varianta b) din figura 1.6.



**Fig.1.6.** Inserând un arc de compresie între două corpuri cu mase inegale, arcul se comprimă mai puțin în cazul b) atunci când forța  $\vec{F}$  se exercită direct asupra corpului cu masa mai mare, perechea de forțe Acțiune-Reacțiune având valori mai mici față de cazul a)

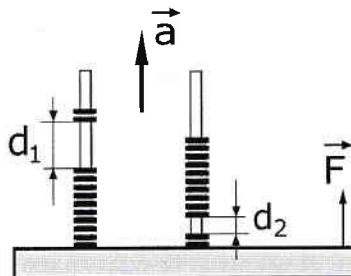
Un experiment care poate pune în evidență mai bine această diferență dintre cele două cazuri, este prezentat în figura 1.7.



**Fig. 1.7.** Două grupuri de magneți inel alunecă pe o bară rotundă din plastic, orientate să se respingă. Primul grup este format din 10 magneți inel, al doilea grup este format din 2 magneți inel. În varianta a) când împingem cu mâna primul grup mai greu, distanța dintre magneți este mai mare decât în varianta b) când împingem cu mâna grupul mai ușor,  $d_1 > d_2$ , indicând că forțele Acțiune-Reacțiune sunt mai mari în varianta b) decât în varianta a)

Două grupuri de magneți inel de mase inegale alunecă de-a lungul unei bare rotunde din plastic, fiind orientate să se respingă reciproc. Primul grup de magneți este format din 10 magneți inel, iar cel de al doilea grup din 2 magneți inel, raportul maselor fiind  $m_1/m_2 = 10/2 = 5$ . În acest experiment, când împingem unul din grupurile de magneți cu mâna cu intenția de a-i apropia, celălalt grup de magneți se va deplasa în același sens, fiind împins de forța de respingere dintre cei doi magneți. Dar cazurile diferă, vezi figura 1.7, pentru că atunci când împingem cu mâna grupul mai greu, precum în varianta a), distanța dintre cele două grupuri de magneți va fi mai mare decât când împingem cu mâna grupul mai ușor precum în varianta b):  $d_1 > d_2$ .

Deci când corpul mai greu împinge corpul mai ușor, perechea de forțe Acțiune-Reacțiune va fi mai mică decât invers, când corpul mai ușor împinge corpul mai greu. Într-o altă variantă a acestui experiment putem folosi Principiul Echivalenței enunțat de Albert Einstein, care spune că un corp care accelerează se comportă ca și cum s-ar afla în câmp gravitațional. În experimentul nostru în loc să accelerăm cele două grupuri de magneți cu mâna în direcții opuse, le vom așeza în poziții inverse în câmp gravitațional, vezi figura 1.8.



**Fig.1.8.** Două grupuri de magneți inel orientate să se respingă sunt introduse pe o bară rotundă de plastic, poziționată vertical și așezată pe o placă orizontală. Conform Principiului Echivalenței formulat de Albert Einstein, cele două grupuri de magneți aflate în câmp gravitațional se comportă ca și cum placa ar fi accelerată în sus de o forță  $F$ , într-un spațiu lipsit de gravitație. Distanțele dintre cele două grupuri de magneți diferă în cele două cazuri, deoarece magnitudinea forțelor Acțiune-Reacțiune este dată de masa corpului suprapus

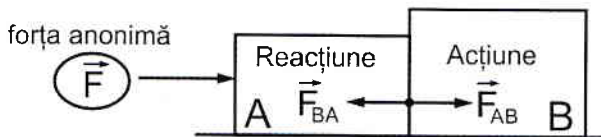
În figura 1.8 se observă că  $d_1 > d_2$ . Așadar așezând grupul de doi magneți peste grupul de zece magneți, distanța dintre cele două grupuri este mai mare decât în cazul când așezăm grupul de zece magneți peste cel de doi magneți. Distanța  $d_1$  mai mare între cele două grupuri de magneți se explică printr-o valoare mai mică a perechii de forțe Acțiune-Reacțiune ce se exercită între cele două grupuri de magneți. Poate că în acest experiment se observă mai bine de ce perechile de forțele opuse au valori diferite, și anume deoarece magnitudinea forțelor Acțiune-Reacțiune este dată de *masa corpului care este împins*, în acest caz este dată de masa corpului care este suprapus. Deci cu cât corpul suprapus are masa mai mică, cu atât magnitudinea forțelor Acțiune-Reacțiune este mai mică, și invers cu cât corpul suprapus are masa mai mare, cu atât magnitudinea forțelor Acțiune-Reacțiune va fi mai mare.

Deci categoric nu este același lucru dacă corpul mai ușor împinge corpul mai greu, sau invers, pentru că perechile de forțe Acțiune-Reacțiune vor avea mărimi diferite. Însă de unde ne dăm seama care corp împinge și care corp este împins? Ei bine sensul acțiunii este dat de *cea de a treia forță* prezentă în experiment, este forța inițială  $\vec{F}$ , și ea ne arată care corp împinge și care corp este împins.

#### 1.4 Cea de a treia forță

Și acum ajungem la o primă critică a Legii a treia a mișcării. Dacă priviți toate figurile anterioare prin care am exemplificat Legea a treia a mișcării, în toate figurile sunt reprezentate *trei forțe*, nu doar cele două forțe Acțiune-Reacțiune. Inclusiv în cele două experimente cu magneți, cea de a treia forță este prezentă prin mâna care împinge magneții, sau prin forța care accelerează placa în sus. Deci cumva este mereu prezentă în experiment o a treia forță care e parte a *unei alte interacțiuni*, ce precede interacțiunea pe care o studiem. Așadar pe lângă cele două forțe opuse și de sens contrar care sunt Acțiunea și Reacțiunea, mai există o a treia forță care de fapt declanșează întregul experiment, și anume forța  $\vec{F}$ , care este Cauza interacțiunii studiate, și care *nu este menționată absolut deloc în enunțul Legii a treia a mișcării*, vezi figura 1.9.

În general figura 1.9 este descrisă astfel: „Când asupra corpului A se exercită o forță  $F$ , corpul A acționează cu o forță asupra corpului B, iar corpul B reacționează cu o forță egală și de sens contrar asupra corpului A”.

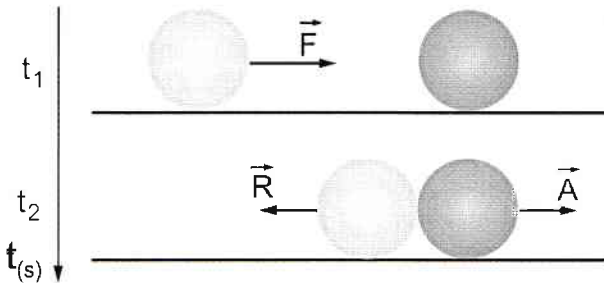


**Fig.1.9.** Forța  $\vec{F}$  care produce interacțiunea dintre corpurile A și B nu este descrisă în enunțul Legii a treia a mișcării.

Observați în figura de mai sus prezența *forței inițiale*  $\vec{F}$ , pe care o vom denumi deocamdată „Forța Anonimă”, despre care în descriere se spune în mod ambiguu că „se exercită asupra corpului A”, și care nu este cuprinsă deloc în definiția Legii a treia

a mișcării. În cazul când efectuăm calcule precum în exemplele anterioare, pentru a descrie complet experimentul este necesar ca această „Forță Anonimă” să apară în figură, și de aceea lipsa ei din definiția legii face ca această definiție să fie incompletă. Acesta este unul din cazurile destul de rare în care cea de-a treia forță din experiment  $\vec{F}$  apare reprezentată în figură, pentru că este necesară în calcule. În rest, ceea ce veți vedea în figurile din manuale vor fi doar două forțe opuse și de sens contrar ale interacțiunii pe care o studiem. Întrebarea este însă cum ar putea exista cele două forțe Acțiune-Reacțiune dacă nu ar exista „Forță Anonimă”  $\vec{F}$ ? Cum ar putea corpul A să împingă corpul B, dacă asupra lui nu se exercită mai înainte forța  $\vec{F}$ ? Realitatea este că nu se poate descrie complet experimentul fără această „Forță Anonimă”  $\vec{F}$ . Din descriere pare că cea de-a treia forță apare în demonstrație din întâmplare, dar nu este deloc așa, această forță  $\vec{F}$  trebuie și va fi acolo de câte ori vom face o demonstrație completă. Veți întreba atunci de ce nu apare forța  $\vec{F}$  mereu în demonstrații? Aici este cheia înțelegerii, pentru că în definiția Legii a treia a mișcării se vorbește doar despre două forțe, nu despre trei forțe. Dacă vorbim despre prezența a trei forțe în experiment, rezultă că este necesar să redefinim legea, este necesar să corectăm legea, în sensul completării ei, adăugând în enunț și cea de-a treia forță din experiment, forța  $\vec{F}$ .

Să mai exemplificăm încă odată prezența celei de-a treia forțe printr-un experiment simplu și foarte clar, ilustrat în figura 1.10.



**Fig.1.10.** Două bile sunt în repaus pe un plan orizontal lipsit de frecare. La momentul  $t_1$  asupra bilei albe se exercită o forță  $\vec{F}$  care o accelerează în direcția bilei gri. La momentul  $t_2$  cele două bile se ciocnesc, producând interacțiunea dintre cele două bile: o forță Acțiune accelerează bila gri, iar o forță Reacțiune accelerează negativ bila albă. Se observă că forța  $\vec{F}$  este cea de-a treia forță din experiment, este o forță care exista înaintea interacțiunii studiate, și este cea care declanșează interacțiunea dintre corpuri

*Două bile de mase și dimensiuni identice, una de culoare albă iar alta de culoare gri, se află în repaus pe un plan orizontal lipsit de frecare, la o distanță mică una de alta. Asupra bilei albe exercităm o forță, accelerând-o în direcția bilei gri, și după ce parcurge distanța ce separă cele două bile, bila albă se ciocnește de bila gri. Câte forțe apar în experiment și care sunt ele?*

Interacțiunea pe care o studiem în acest experiment este ciocnirea celor două bile. În figura 1.10 se pot observa clar însă că în experiment sunt trei forțe și anume  $\vec{F}$ ,  $\vec{A}$  și  $\vec{R}$ . Prima forță din experiment este „Forță Anonimă”  $\vec{F}$ , care la momentul inițial  $t_1$

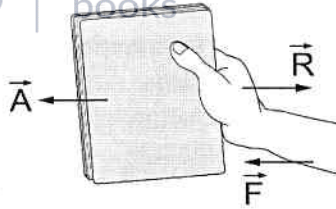
pune bila albă în mișcare, făcând-o să se deplaseze. Această forță există independent de interacțiune, există înainte de interacțiune, și ea inițiază sau declanșează experimentul. La momentul  $t_2$  are loc interacțiunea dintre cele două bile, și acum apar simultan cele două forțe opuse ale interacțiunii pe care o studiem. Astfel cea de a doua forță din experiment este forța  $\vec{A}$ , care produce accelerarea bilei gri, forță pe care o numim Acțiune, iar cea de a treia forță din experiment este forța  $\vec{R}$ , care produce accelerarea în sens opus a bilei albe, forță pe care o numim Reacțiune. Deci ceea ce trebuie să vedem foarte clar aici este existența în experiment a forței inițiale  $\vec{F}$ , ce produce interacțiunea, și faptul că ulterior apar în experiment și celelalte două forțe  $\vec{A}$  și  $\vec{R}$  care sunt definite în enunțul Legii a treia a mișcării. Demonstrațiile din manuale prezintă însă acest tip de experimente întotdeauna abia de la momentul  $t_2$ , și astfel forța  $\vec{F}$  este practic eliminată din experiment, dar și din definiție. Este nevoie de această forță pentru a descrie complet fenomenul? Cu siguranță da.

Să ne imaginăm următorul experiment: pe o masă de biliard se află un grup de bile roșii plus o bilă albă. Lovim cu tacul bila albă trimițând-o în grupul de bile roșii. Prima interacțiune este între tac și bila albă, apoi bila albă se ciocnește de bilele roșii, și în final bilele roșii se ciocnesc între ele. Astfel fiecare bilă după ce este pusă în mișcare se ciocnește de o altă bilă, producând o nouă interacțiune. Ideea este că întotdeauna declanșatorul unei noi interacțiuni este rezultatul unei interacțiuni precedente. Deci întotdeauna vom avea o interacțiune precedentă, al cărui efect sau rezultat declanșează interacțiunea pe care o studiem, întotdeauna această a treia forță, forța declanșatoare, forța inițiatore, va fi acolo în experiment. În consecință, chiar dacă noi studiem doar o singură interacțiune, este nevoie ca această a treia forță care declanșează interacțiunea să fie definită, este nevoie ca noi să fim conștienți de prezența celei de a treia forțe în experiment, pentru că, după cum vom proba imediat, această a treia forță, uitată și ignorată, este introdusă subit și fraudulos în ecuația de egalitate dintre Acțiune și Reacțiune, într-un mod inconsecvent și incorect, deoarece această a treia forță se află prin preajmă, la îndemână. Altfel spus, în lipsa unei analize detaliate a problemei, se ia o forță dintr-o interacțiune anterioară și se introduce incorect într-o interacțiune ulterioară, în baza faptului că cele două forțe, care provin *din interacțiuni diferite*, sunt egale și au sensuri opuse.

### 1.5 Când forța Acțiune este confundată și înlocuită cu cea de a treia forță

Vi se poate părea incredibil ca cea de a treia forță, cea care declanșează interacțiunea, să fie introdusă fraudulos în egalitatea Acțiune-Reacțiune? Să luăm câteva exemple și vă veți edifica singuri.

Probabil cel mai comun exemplu al substituirii forței Acțiune cu „Forța Anonimă” se regăsește în întrebarea pe care și-o pun mulți din cei care învață Principiul Acțiunii și Reacțiunii: „*Dacă eu împing o carte cu mâna, iar cartea exercită o forță egală și de sens contrar asupra mâinii, atunci cum de se deplasează cartea, cum de nu se anulează cele două forțe egale și opuse?*”, vezi figura 1.11.



**Fig.1.11.** Când împingem o carte cu mâna, Acțiunea  $\vec{A}$  este forța care accelerează cartea, iar Reacțiunea  $\vec{R}$  este forța egală și opusă care decelerează mâna. Forța  $\vec{F}$  care accelerează inițial doar mâna este cea de a treia forță din experiment, și nu face obiectul Legii a treia a mișcării, însă omisiunea ei din textul legii facilitează confuzia între **acțiunea exercitată** de mână  $\vec{F}$ , și **acțiunea suportată** de carte  $\vec{A}$

Pentru a înțelege corect acest exemplu trebuie să precizăm că cele două forțe care fac obiectul Principiului Acțiunii și Reacțiunii se exercită între carte și mână, și iau naștere simultan la contactul dintre corpuri: Acțiunea  $\vec{A}$  accelerează cartea, iar Reacțiunea  $\vec{R}$  decelerează mâna. De asemenea o mențiune importantă este aceea că, pe lângă Acțiune și Reacțiune, în experiment mai există și o a treia forță, ce nu este definită în enunțul Legii a treia a mișcării, și aceasta este **forța  $\vec{F}$  cu care mișcăm (accelerăm) inițial doar mâna**. Așadar în interpretarea greșită Acțiunea  $\vec{A}$  care accelerează cartea este confundată și înlocuită cu forța  $\vec{F}$  ce accelerează mâna mai înainte de interacțiune, ceea ce conduce mai departe la presupunerea incorectă că Reacțiunea cărții  $\vec{R}$  ar fi egală și opusă cu forța  $\vec{F}$  cu care mișcăm mâna, și de aici concluzia eronată că cele două forțe  $\vec{F}$  și  $\vec{R}$ , s-ar anula. În realitate Reacțiunea cărții doar decelerează mâna, dar nu o și oprește din mișcarea ei. Așadar în descrierea corectă mâna accelerează cartea cu o forță Acțiune  $\vec{A}$ , iar cartea decelerează mâna cu o forță egală Reacțiune  $\vec{R}$ , numai că mâna are propria ei accelerație produsă de o a treia forță  $\vec{F}$  care nu este descrisă de Legea a treia a mișcării, și aceasta este „Forța Anonimă”. În ce măsură creștem mișcarea cărții (Acțiunea), în aceeași măsură scădem (Reacțiunea) din mișcarea mâinii („Forța Anonimă”). Se observă deci că pentru o descriere completă a experimentului avem nevoie de trei forțe, și această a treia forță din experiment este „Forța Anonimă” cu care ne mișcăm inițial doar mâna. Una din problemele cu care ne confruntăm în înțelegerea acestui experiment este la nivel de percepție mentală, pentru că de fapt noi nu percepem acțiunea de „a împinge” în sensul Legii a treia a mișcării, care prin Acțiune înțelege „**împingerea suportată**” de către carte, ci noi percepem intuitiv Acțiunea ca fiind „**împingerea exercitată**” de către mână („Forța Anonimă”, cea de a treia forță). Mișcarea mâinii însă nu face obiectul Principiului Acțiunii și Reacțiunii, forța care mișcă mâna nu apare în momentul contactului dintre carte și mână, ci este o forță care exista anterior, în mod independent, și care în fapt declanșează interacțiunea pe care o studiem. Acesta este probabil cea mai comună eroare, în care se face confuzie între forța Acțiune și cea de a treia forță din experiment, „Forța Anonimă”.

Se întâmplă ca prin descrieri inexacte, să scape astfel de erori chiar și în manuale, ca de exemplu: „Dacă lovești o minge cu **forța  $F$  a brațului**, aceasta exercită forța