

Asupra învățământului mecaniceii în școlile tehnice medii și licee. ¹⁾

INGINER GH. NICOLAU
Subdirector al Școlii Politehnice
din București.

Domnule Președinte,
Domnilor profesori,

Referatele citite și discuțiunile ce au avut loc în ședințele precedente, ne-au confirmat cu destulă autoritate că elevii de liceu au, în domeniul cunoștințelor mecanice, o pregătire insuficientă. În afară de afirmațiunile Domnilor Profesori direct interesați, această insuficiență s'ar fi manifestat atât cu prilejul concursului „Gazetei matematice” cât și în examenele de admitere în Școala Politehnică din București.

Pe lângă această constatare comună s'au mai scos în relief și câteva din cauzele reale ale inferiorității învățământului mecaniceii. Așa de pildă s'a semnalat: *insuficiența numărului de ore* disponibil pentru predarea cunoștințelor mecanice, *lipsa de timp pentru cariera de apostolat* a profesorilor antrenați de nevoile materiale și spre alte ocupațiuni agonisitoare, *depresiunea generală a activității* de după războiu în toate domeniile, etc.

În prima ședință eu însumi am arătat insuccesul activității mele în predarea mecaniceii la școala de Conducători de Lucrări Publice, indicând și un motiv specific: *inferioritatea elevilor recrutați* dintre elementele slabe cari absolv cursul inferior de liceu, căci cele bune se angajează mai departe în cursul superior. Pentru a înlătura acest neajuns și ca un îndemn pentru absolvenții mai buni ai celor 4 clase secundare, Direcțiunea acestei școli urmărește, în

1) Conferință ținută la seminarul de mecanică de la facultatea de științe din București în ziua de 5 Mai 1922.

programul său de activitate, să asigure cât mai multe avantagii materiale elevilor săi distinși.

Toate aceste motive își au, incontestabil, influența lor vătămătoare asupra învățământului, dar, dacă nu mă înșel, D-l Profesor universitar Pompeiu a provocat discuțiunile asupra acestei chestiuni atât de importante vizând și alte laturi ale problemei.

Presupunând că am avea un mai mare număr de ore (lecțiuni), că am fi dispuși să sacrificăm nevoile noastre materiale, că ar dispărea depresiunea generală în toate domeniile de activitate etc., suntem oare convinși că metodele pe agogice și mijloacele materiale întrebuintate ar asigura învățământului mecanice în liceu și școalele tehnice medii un rendement rațional? Pot să afirm, fără teamă de desmințire, că cu metodele înrădăcinate și cu mijloacele insuficiente de care dispunem, succesul activității noastre didactice nu va fi la înălțimea îngăduită de alte metode și alte mijloace.

Cu această convingere am răspuns la apelul D-lui Profesor universitar Pompeiu făcând *mea culpa*, spre surprinderea câtorva dintre D-voastră, din insuccesul activității mele, dar cu credința că vom reuși să găsim metodele și vom avea tăria să cerem mijloacele necesare pentru a ameliora rodul muncii noastre.

Domnilor, insuccesul activității noastre didactice în predarea mecanice are la bază pe deoparte *dificultatea proprie a acestui domeniu*, iar pe de altă parte *insuficiența metodelor și a mijloacelor* utilizate pentru înlăturarea acestei dificultăți.

Dificultatea asimilării cunoștințelor de mecanică stă în *multiplicitatea noțiunilor delicate și a principiilor abstracte* ce alcătuiesc temelia pe care urmează a clădi ulterior eșafodagiul deducțiunilor logice.

Evident că am debutat cu un curs de mecanică clasică înjghebat după un calapod obișnuit. În fața inferiorității rezultatelor obținute și în dorința de a-mi clarifica elevii am luat un contact mai intim cu dâșii. Am putut astfel observa și colecționa obstacolele ce stau în calea celor ce pășesc în domeniul mecanice. Imi veți îngădui să trec în revistă pe scurt și numai câteva din dificultățile întâmpinate în crearea unei temelii solide de noțiuni mecanice.

1) Noțiunea de *viteză* în mișcarea rectilinie și uniformă definită prin: lungimea drumului parcurs în unitatea de timp devine un obstacol la înțelegerea noțiunii de *viteză instantanee* în mișcarea rectilinie variată definită prin: derivata funcțiunei spațiului

în raport cu timpul. Pentru un debutant de la o definiție la alta există totdeauna un interval greu de pășit din cauza unei lămuriri incomplete a noțiunilor de funcție și derivată.

Deasemenea noțiunea de viteză se limitează în mod automat la domeniul strict al d'plasării pe când în realitate ori-ce schimbare de aspect, ori-ce fenomen de transformare sau de reacție, ori-ce variațiune poate lămurii noțiunea de viteză.

2) Această extensiune este de o imediată utilitate la lămurirea *noțiunii de accelerație*. În adevăr în mișcarea rectilinie variată avem *fenomenul de variație al vitezei*. Aplicând noțiunea de viteză la acest fenomen dăm peste noțiunea de accelerație care s'ar putea defini ca *viteza de variație a vitezei*.

Am mai observat că cuvântul „accelerație” dă loc la confuziuni din cauză că în limbajul curent el are o semnificare de spori-re nu și aceea de diminuire cum este extinsă în mecanică.

O noțiune care rămâne de obicei obscură de și se poate memoriza cu cea mai mare ușurință este: *variația geometrică a vitezei*. Teoria anticipată a vectorilor din mecanica clasică este mai mult ambarasantă de cât lămuritoare. Ea constituie un capitol isolat, de aparență convențională și foarte dificil de sudat cu chestiunile ulterioare la cari se aplică. Prima dificultate o întâmpinăm cu prilejul afirmațiunei că, deplasarea, viteza, accelerația, forța sunt mărimi vectoriale.

În al doilea rând operațiunile geometrice asupra vectorilor: suma, diferența, produsul derivată, reducerea sistemelor de vectori echivalenți, momente etc. de un caracter cu totul convențional, tind a îndepărta spiritul de la considerațiunile empirice și genetice, de importanță capitală, pentru înțelesul chestiunilor la care se aplică: compunerea și descompunerea forțelor, lucru mecanic, variația geometrică a vitezei, reducerea forțelor la rezultantă și cuplu, momentele învârtitoare ale forțelor, cuple etc.

3) Noțiunea de *corp liber* este una din multiplele abstracțiuni ale mecanicei cari se pot cuceri numai prin posibilitatea de a concepe fără puțința de a realiza.

Evident că este vorba de libertatea unui corp la acțiunea ne-stânjenită a forțelor. O libertate complexă este irealizabilă. Nu putem realiza decât libertăți parțiale adică față de anumite forțe. Un corp suspendat în vid poate fi pus în libertate față de acțiunea gravitațiunei prin suprimarea firului de suspensie.

Cum nimic nu scapă acestei influențe, acțiunea terestră nu

îngăduie libertatea unui corp față de forțe de alte direcțiuni decât dacă e luată în colaborare și nu se lasă a fi suprimată de cât pentru libertatea de acțiune a unei forțe orizontale. Pentru această din urmă libertate eliminăm acțiunea pământului așezând corpul pe un plan perfect orizontal și rezistent pentru ca în ori-ce poziție atracțiunea să fie neutralizată prin rezistența planului de sprijin. Dar forțele cari tind la deplasarea corpurilor dau prilej naturii să opună forțe antagoniste, dezvoltate automatic: reacțiuni elastice, deformări, frecări etc. Pentru libertatea corpului la acțiunea unei forțe orizontale va trebui eliminată: frecarea aerului, frecarea pe planul orizontal, precum și deformările inerente suprafețelor în contact.

Întrebat de elevii mei să le dau un exemplu de corp liber am fost obligat să apelez la atâtea considerațiuni empirice și să îngerădesc cu precizieune câmpul de libertate al unui corp la acțiunea forțelor.

4) Cu privire la *noțiunea de forță* se constată de obicei că accepția ei mecanică rămâne obscură. Această obscuritate derivă în primul rând din multiplicitatea semnificărilor cuvântului *forță* întrebuințat frecuent în limbajul curent. Zilnic auzim vorbindu-se de „forță intelectuală“, „forță vitală“, „forță armată“, în accepțiunea metaforică streină de semnificarea mecanică a forței. Technicienii însăși nu sunt scutiți de asemenea erori de limbaj. Ei întrebuințează o mulțime de expresiuni ca: forța unei pulberi, forța unui proiectil, forța unui curent de apă, a unui animal unde cuvântul *forță* are semnificarea unei capacități dinamice.

În al doilea rând însăși definiția clasică a forței ca o cauză care modifică mișcarea nu este științifică. Pe de o parte nu înlătură unele aparențe cari duc la confuziuni. Așa de pildă, un obstacol care oprește un corp în mișcare pătrunde ușor în limitele acestei definiții și poate fi deci considerat ca o forță. Pe de altă parte această definiție este sterilă căci nu ne învață a măsura o forță.

De aci nasc tot felul de dificultăți și obscurități cari fac imposibilă identificarea măsurii statice a forțelor cu măsura lor dinamică prin intermediul relațiunei fundamentale care măsoară forța prin produsul masei cu accelerația ce imprimă corpului. În căutarea unei definiții științifice a forței savantul Poincaré consideră relația fundamentală ca o definiție. Dar sub această formă ea rămâne ca o simplă expresiune analitică lipsită de intuițiunea directă a senzațiunei musculare de efort care este singura origină a noțiunei de forță.

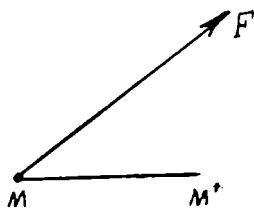
5) *Noțiunea de masă* este piatra fundamentală a dinamicii, dar în același timp și piatra de încercare a spiritului științific. Volu remarca numai că masa corpului este confundată de obicei cu greutatea lui, deși între aceste două cantități există o deosebire esențială: greutatea corpului variază cu poziția lui, în timp ce masa rămâne absolut constantă în toate circumstanțele. Noțiunea de masă este de alt-fel atât de delicată încât nici cei mai avansați în domeniul mecanicii nu sunt scutiți totdeauna de confuziuni regretabile.

6) Chestiunea *acțiunii învârtitoare* a unui cuplu de forțe este atât de delicată încât fără ajutorul intuițiunii directe cei mai mulți din elevii începători nu înțeleg *explicația mecanică* a problemei de învârtire a unei roți de trăsură sau a unei roți de moară. Dacă elevii rămân nedumeriți în fața acestei probleme ca și copiii poetului Coșbuc în fața morii, trebuie să recunoaștem că și profesorii sunt tot atât de neputincioși în explicații ca și morarul care nu ș'a pierdut prea mult vremea cu asemenea lămuriri. Evident că nu sfătuesc pe nimeni ca în loc de explicații să procedeze ca morarul.

Subtilitatea chestiunii derivă din faptul că majoritatea cuplelor se stabilesc automat prin forțele antagoniste naturale: reacțiunea unei axe fixe, frecarea etc. Acțiunea cuplelor constituite din forțe direct active, ca în exercitarea unui burghiu, este mult mai ușoară de înțeles.

O nouă dificultate întâmpinăm când vrem să lămurim pe cale teoretică valoarea unui cuplu. Singură calea experimentală ar fi în măsură să arate că eficacitatea unui cuplu se măsoară prin momentul său.

7) Mai sunt în mecanică o serie întreagă de noțiuni; *forță centrifugă, forță vie, cantitate de mișcare, lucru mecanic, energie cinetică și potențială*, etc., cari dacă nu sunt lămurite din belșug în accepția lor genetică își pierd certificatul de naștere rămânând în stare de expresiuni analitice căci nomenclatura nu le trădează origina.



În cursul de mecanică elementară F. G. M., pe care desigur majoritatea dintre D-voastră îl cunoașteți, se începe lămurirea noțiunii de lucru mecanic cu următoarea definiție vectorială:

„Se chiamă lucru mecanic al forței MF, în deplasarea MM', produsul geometric (MF) (MM')”.

O asemenea definiție imprimă noțiunii de lucru mecanic caracterul unei convențiuni arbitrare și constituie un abuz geometric al teoriei vectorilor.

Noțiunea de lucru mecanic este una din acelea la cari trebuie să ajungem pe cale intuitivă căci, printr'o fericită coincidență, semnificarea ei științifică este în armonie cu accepția uzuală a cantității de muncă și este ușor de înțeles că munca omului este plătită pe de o parte proporțional cu rezistența de învins, adică cu forța întrebuințată iar pe de altă parte cu drumul parcurs și în definitiv cu produsul acestor două elemente. Chiar în cazul când direcția forței nu corespunde cu aceea a deplasării, avem intuiția că eficacitatea forței este redusă la direcția deplasării singura socotită în prețul muncii.

9) În afară de aceste concepte mecanica rațională mai are la bază oare-cari *principii fundamentale* cari, nefiind susceptibile de o demonstrațiune logică, sunt luate drept *postulate* ce consimt numai la o verificare indirectă a consecințelor lor. Cum asupra acestei verificări se trece foarte ușor cu vederea, principiile rămân ca niște afirmațiuni mai mult sau mai puțin gratuite și evident sterile dacă nu insistăm cel puțin asupra faptelor de observație cari le inspiră.

Am putea prelungi încă mult această listă de noțiuni și principii dificile de pătruns de cunoașterea cărora depinde adevărata stăpânire a domeniului mecanicii. Le socot însă suficiente, pe cele precedente, pentru a confirma aserțiunea că *dificultatea proprie a cunoștințelor mecanicii este una din cauzele capitale ale insuccesului activității noastre didactice.*

În privința celeilalte cauze: *insuficiența metodelor și a mijloacelor utilizate în predarea mecanicii* nu țin să dau de cât un exemplu de abuz demonstrativ. Este vorba de demonstrațiunea logică a principiului compunerii a două forțe concurente. Se știe că sunt două procedee teoretice: primul explică compunerea forțelor pe baza compunerii mișcărilor simultane, necesitând astfel cunoașterea noțiunilor de cinematică, a principiilor fundamentale ale dinamicii precum și ideea netă a simultaneității.

Al doilea procedeu deduce regula compunerii forțelor din ipoteza abstractă a existenței unei *rezultante* și pe baza *principiilor de simetrie*. Mai toate tratatele elementare de mecanică uzează de aceste procedee cu pretențiunea de a justifica regula concretă

a *paralelogramului forțelor*. Eu cred că cu asemenea subtilități raționaliste nu se poate asigura o cunoaștere precisă a regulilor fundamentale. Asemenea demonstrațiuni rămân de obicei obscure și sterile dacă nu trezesc și oare-cari îndoeli asupra tuturor ipotezelor admise.

Din acest punct de vedere este preferabil să se facă o simplă afirmație apelând la simțul intuitiv al elevilor, dacă nu dispunem de mijloacele unei demonstrațiuni experimentale de care, în Anglia și America, se uzează nu numai în școlile medii ci și în cele superioare.

În fața acestor dificultăți și insuficiențe, ameliorarea învățământului mecanice în licee și școlile tehnice medii nu mai este o chestiune de *program* ci una de *metodă*.

De altfel rolul unui program de învățământ este de a stabili în general dosagiul diverselor materii permanente de studiu iar în particular proporția dezvoltărilor ce trebuiesc date diferitelor părți ale aceluiaș domeniu. Din punctul general de vedere universalitatea fenomenelor mecanice este o rațiune destul de suficientă pentru ca legile și principiile acestor fenomene să se bucure de privilegiul de a avea un loc permanent în programul învățământului secundar. Orientarea actuală a vieții cere ca elementele acestui domeniu să intre în cadrul culturii generale necesare. În școlile tehnice medii această chestiune nu-și mai are locul căci studiul mecanice constituie baza specialității lor. Nivelul teoretic ca și programul cunoștințelor teoretice este cam acelaș în ambele categorii de școli. Școlile tehnice medii sunt însă mai privilegiate din punctul de vedere al studiului mecanice, căci acest învățământ nu se oprește numai la predarea noțiunilor și principiilor; mecanica teoretică se continuă și se completează cu mecanica aplicată: rezistența materialelor, organe de mașini, mașini simple, motori de toate genurile etc. Cunoștințele acestor domenii de specialitate contribuiesc într-o largă măsură la risipirea confuziunii ce planează asupra principiilor teoretice. Aceiași confuzie nu mai are nici o valoare însă pentru cultura generală a absolvenților de liceu angajați mai departe în studii ce nu mai ating domeniul mecanice.

Ordinea logică a cunoștințelor este o chestiune de program. În această privință manualele se deosebesc prin intervertirea celor trei mari capitole ale mecanice: cinematică, statică și dinamică. Dar cum lămurirea noțiunilor și a principiilor se face prin influența lor mutuală chestia ordinei cunoștințelor devine de importanță se-

cundară iar amestecul convenabil al celor trei mari capitole nu mai constituie o infracțiune a logicei. Ceia ce este important este că în mecanică, ca și în cele-lalte domenii, trebuie să plecăm de la noțiunile imediat sugerate de observație

În tot cazul alcătuirea unui program de învățământ, care fixează proporția de cunoștinți indispensabile, rămâne pe al doilea plan față de utilizarea unor metode și mijloace convenabile ce ar asigura execuția lui și ar garanta obținerea maximului de efect util. Învățământul mecanicii în toate școlile de aceeași categorie la diferitele popoare nu prezintă deosebiri esențiale de program. În această privință imitațiunile duc aproape la o identitate completă deși rezultatele didactice sunt departe de a fi aceleași.

Dacă există vre-o deosebire esențială în învățământul mecanicii la diferite popoare, ea nu se remarcă de cât în metodele de predare. Englezii și Americanii Statelor-Unite învață mecanica ca o știință experimentală și de pură observație. În colegiul regal de știință din Dublin ca și în colegiul tehnic din Finsbury „elevul măsoară el însuși lucrurile, ilustrează principiile mecanicii, caută limitele între cari noțiunile pe cari le găsim în cărți asupra frecării și proprietăților materialelor sunt corecte, învață să se servească de hârtie cadrilată și să aprecieze în ce măsură metodele grafice de calcul sunt exacte; în plus, el ajunge să cugete în mod real el însuși¹⁾).

Popoarele Europei continentale și în special cele latine predau mecanica ca o știință complet deductivă și se înărginesc la simple expuneri logice. Prin aceste procedee, fără clarificarea experimentală a fenomenelor putem construi eșafodage logice dar inaccesibile elevilor.

Este fapt cert că actualul capital de cunoștinți mecanice s'a găsit și acumulat în decursul timpurilor pe cale de observație și experiență. Oare procesul de asimilare al cunoștințelor nu trebuie să urmeze aceiași cale? Răspunsul acestei întrebări face să se întrevadă principiul metodei pedagogice de „redescoperire” sau recucerire a adevărurilor pe cale experimentală și de observație.

Din opera „Metodele americane de educație” publicată de D-l Omer Buyse se degajă un întreg sistem pedagogic american de educație, care pivotează în jurul metodei de redescoperire și concentrează eforturile personale ale elevilor ca să desprindă ei

1) John Perry : *Mécanique appliquée*. Tome premier. préface.

înseși, prin observație și experiență, fenomenele și legile care le guvernează.

Această metodă nu mai este o noutate pentru nimeni, căci a fost adusă la cunoștința publicului prin toate mijloacele de publicitate: dări de seamă, conferințe, etc. Nici presa cotidiană n'a rămas indiferentă față de aplicațiunile fecunde ale acestor mijloace didactice. Ziarul „Le Temps” (1901) scrie:

„În Anglia și în America, elevii învață să lucreze în niște laboratorii bine înzestrate. Acolo, studenții fac experiențe relative la știința pe care o studiază, sub direcția unui profesor care face în urmă critica rezultatelor obținute. Se pune în practică metoda redescoperirii (the method of rediscovery). Fără îndoială, nu se merge până la a nădăjdi că elevii vor putea ei înseși să regăsească legile naturii; dar un amestec armonios de descoperiri, de verificațiuni și corecțiuni, pare a fi idealul celor mai buni profesori de științe naturale. Se dă multă importanță dării de seamă exacte asupra observațiunilor și experiențelor. Carnetele de observațiuni și de note ale elevilor sunt considerate ca una din cele mai bune dovezi despre valoarea muncii lor”.

Cu toată întinderea ei, publicitatea a rămas sterilă, căci metoda de recucerire a adevărilor pe cale experimentală și de observație în timpul procesului lor de asimilare se pune în practică numai în Anglia, Statele-Unite ale Americii de nord și într-o măsură mai redusă în Germania. În această din urmă țară, grație ingeniozității constructive, elevii își procură, cu prețuri convenabile, colecții individuale de instrumente și aparate de fizică, chimie, mecanică, etc., cari le permit să rezolve experimental toate problemele fundamentale ale domeniului respectiv.

Iluzia căreia se datorește încă prestigiul metodei de expunere neașteptată și memorizare verbală a cunoștințelor este ușurința cu care memoria nativă se încarcă cu lucrurile cele mai variate, noțiuni, definițiuni, formule, ipoteze, principii, etc. Dar memoria se descarcă cu aceeași ușurință cu care s'a încărcat. Care din noi nu a învățat și nu a uitat, de mai multe ori, aceeași materie? Cazul este absolut general și fără excepție în toate domeniile. Lucrul este trist în special însă cu științele de pură observație și de cercetare experimentală unde metoda de redescoperire a adevărului ar putea scuti memoria de oscilațiunile de încărcare și descărcare printr'o achiziție mai stabilă.

Inferioritatea metodei de achiziție a cunoștințelor pe cale de

expunere și memorizare, nu stă numai în lipsa de durabilitate a proviziei de idei ce pot fi ușor acumulate în preajma unui examen sau concurs, ci atât în sterilitatea acestei provizii ca izvor de adaptare la problemele concrete, cât și în acțiunea de dezarmare a spiritului de toate facultățile sale intelectuale: spirit de observație și precizie, raționament, reflexie, etc., care se condensează în ceia ce numim cu un cuvânt *spirit științific*.

Valoarea comparativă a celor două metode de asimilare a cunoștințelor este expusă definitiv și în puține cuvinte de pedagogul englez Michael Forster cu prilejul discursului pronunțat la congresul Asociațiunei Britanice pentru avansarea științelor (1899):

„Antrenamentul ce se poate nădăjdui de la știință este rezultatul, nu al acumulării cunoștințelor științifice, ci practica anchetei științifice. Un om poate să cunoască în fond toate rezultatele obținute și toate opiniile curente asupra unei ramuri oarecare, sau chiar asupra tuturor ramurilor științei, și să nu aibă totuși spiritul științific, dar nimeni n’ar putea duce la bun sfârșit cea mai umilă cercetare fără ca spiritul științific să-i rămână într’o oarecare măsură. Acest spirit poate fi de altfel câștigat, chiar fără cercetarea unui adevăr nou. Elevul poate fi adus la vechile adevăruri în mai multe moduri; el poate fi pus în prezența lor în mod brutal ca un hoț care sare pe deasupra unui zid și din nenorocire graba vieții moderne împinge mulți oameni să adopte această cale rapidă. Dar el poate fi de asemenea condus la aceleași adevăruri urmând căile bătute de cei eari le-au pus în evidență. Prin această din urmă metodă și numai prin ea, elevul poate nădăjdui să cucerească cel puțin ceva din spiritul cercetătorului științific.“¹⁾

Găsesc util a vă mărturisi că insistența ce depun asupra considerațiunilor pedagogice precedente nu este ocazională. Convins de eficacitatea acestor adevăruri, am dat o extensiune deosebită acestor considerațiuni în referatul prezentat Congresului inginerilor din România, ce a avut loc la Iași în toamna anului 1921, asupra organizării învățământului tehnic.

Astăzi am repetat ceia ce am dezvoltat atunci cu mult mai pe larg, în nădejdea că vom îmbrățișa această orientare, nouă pentru noi, cu privire la învățământ.

Domnilor, în lumina acestor considerațiuni *ameliorarea învă-*

1) Michael Forster. *Revue scientifique*. 1899, pag. 393.

tământului mecanice constă în practicarea metodei de redescoperire a adevărurilor pe cale de observație și experiență.

E ușor de văzut că aplicarea acestei metode necesită în primul rând înzestrarea liceelor și a școlilor tehnice cu laboratorii de mecanică experimentală.

În al doilea rând va trebui ca noi profesorii să ne debarasăm de metoda expunerii directe a adevărurilor și să acordăm mai mult prestigiu considerațiilor experimentale, prea mult neglijate față de deducțiunile logice. Acestea din urmă împreună cu toate generalizările teoretice nu trebuiesc înfățișate de cât ca o consecință fatală a contactului fecund cu realitățile. „Experiența trebuie să preceadă teoriei” este un adagiu al metodei experimentale.

În interpretarea rezultatelor experimentale și în determinarea legilor ce guvernează diferitele fenomene, este de o importanță capitală să aplicăm *metoda grafică*, ca procedeu de exprimare concretă a evoluției fenomenelor naturale. Importanța acestei metode față de calculul analitic de care se abuzează mă îndreptățeste să citez comparația sugestivă a D-lui Gustave Le Bon :

„Există o metodă, metoda grafică, care a transformat arta inginerului și care permite de a reprezenta diversele faze ale fenomenelor, variațiile mărimilor, și desvelește, atât matematicianilor cât și elevilor, relațiile mascate sub simboluri.

O mărime oare-care, forță, durată, greutate, cantitate, etc., se poate exprima fie prin cifre sau litere echivalente, fie prin linii. Exprimarea prin cifre sau litere reprezintă metoda numerică și algebrică, exprimarea prin linii, metoda grafică. Când e vorba de a traduce, și mai ales de a compara, raporturile și schimbările mărimilor variabile, a doua este față de cea dintâi cea ce ar fi harta unui fluviu față de descripțiunea în limbaj obișnuit a sinuosităților acestui fluviu”.¹⁾

Representarea grafică a rezultatelor experimentale permite de a se constata erorile de observație ale experiențelor și a descoperi prin corecțiuni legea căutată.

Va mai trebui în învățământul mecanice să sacrificăm *exercițiile academice* cu tendinți speculative în folosul *exercițiilor numerice* bine alese și cu date împrumutate din tehnica industrială pentru a nu părăsi nici odată viziunea reală a faptelor.

Din considerațiunile precedente se degajă o nouă orientare în

1) Gustave Le Bon : Psychologie de l'Education, pag. 307.

învățământul mecanice spre care trebuie să ne concentrăm toate eforturile stăruind în special pe lângă autoritățile conducătoare să consimtă la sacrificiul material în vederea înființării laboratorilor de mecanică pe lângă școlile secundare și cele tehnice medii.

Fără aceste sacrificii materiale și fără introducerea metodei experimentale, toate modificările de program, ca ordine a materiei, ca număr de ore, ca dezvoltare de capitole etc. rămân sterile.

Mai este de adăugat că nu poate fi vorba de o tratare *izolată* a problemei învățământului mecanice, ci de una în *concert* cu toate celelalte domenii de știință experimentală.

Realizând condițiile optime și metodele convenabile ale învățământului vom putea avea satisfacțiunea că am contribuit la ceea ce am putea numi „organizarea științifică a muncii intelectuale în învățământ.

