MAGYAR

PHILOSOPHIAI SZEMLE.

SZERKESZTI ÉS KIADJA

BOKOR JÓZSEF.

Egyetemi m. tanár.

VI. ÉVFOLYAM. *1887. III. FÜZET.*

A „Magy. Phil. Szemlét“ a Magy. Tud. Akadémia támogatja ugyan de a lap irányáért és tartalmáért csakis a szerkesztőség felelős.

BUDAPEST.

Szerkesztő- és kiadóhivatal: VI., Nagy János-utcza 5.

A hátralékos előfizetések beküldését tisztelettel kérem.

Szerk.-kiadó.

TARTALOM.

Iskola.

Értesítő.

A Magy. Philos. Szemle ez évi 1. és 2. számának tartalma:

Értesítő.

Iskola.

Értesítő.

A Magyar Phil. Szemle öt ives füzetekben, évente hatszor jelenik meg. Előfizetési ár egy évre 5 frt. Egy szám ára 1 frt.

A MECHANIKA A POSITIV PHILOSOPHIA RENDSZERÉBEN.

Az elméleti mechanika alapelveiről.

Még könnyebben, mint a grometrián, felismerhető a mechanika természettudományi jellege, de sajnos, mai nap sok elme, bizonyos ontologiai gondolatoktól félrevezetve, összetéveszti az abstractot a concrettel, a tisztán physikai részt a logikaival és így nem képes egymástól elkülöniteni a mozgás és az egyensuly törvényeinek könnyebb megállapitása czéljából mesterségesen alkotott fogalmakat, a természet szolgáltatta tényektől, holott épen ezek képezik a tudomány realis alapját. — Mig Newton helyesen az észleletből indult ki, követői a priori analytikailag iparkodtak haladni, a mi ha sikerült volna, a dologban az lett volna a csodálatos, ha e tudomány a természetnek megfelelt volna. Ez az út tévút, mert a mechanika bizonyos általános tényeken alapszik és a pos. phil. híve tartozik azokat olybá venni, hogy magyarázatra nem is szorulnak. Hogy tehát a mechanika philosophiai jelleme megalakíttassék, fel kell azt szabaditani a metaphysika befolyása alól az által, hogy a kisérleti rész az elméletitől elválasztassék.

Mi a mechanika tárgya? A mechanika foglalkozzék tisztán a mozgással, nem törődve sem a mozgás okaival — melyek a pos. phil. körén kivül esnek, — sem pedig a mozgás létrejöttének körülményeivel. De, bár ujabban erő alatt már is keletkezett, vagy pedig még csak keletkezőfélben lévő mozgást szokás érteni, — a mechanikusnak még elég dolga lesz az erő régi, metaphysikai fogalmát reformálni és még több, azt teljesen kiküszöbölni. — A mechanika általános problemája: meghatározni azt, mily hatást szül több tetszésszerinti, egyidejüleg valamely testrendszerre működő erő, feltéve, hogy minden egyes erő hatása ismeretes, — vagy pedig ennek a megfordítottja, szóval: az erők összetétele, legyen a hatás akár mozgás, akár pedig egyensuly.

Az egyensuly és a mozgás abstract törvényeinek megállapításakor a testeket szükségkép tehetetleneknek kell tekintenünk, azaz olyanoknak, hogy a reájok működő erők hatását önmaguktól, mintegy önkényt meg nem változtathatják. Vannak, kik a tudomány felépítéséhez szükséges eme tisztán logikai fogalmat összetévesztik a tehetetlenség törvényével, — a mely megint az észlelet eredménye, s igy azt sem mondhatják meg valjon a tehetetlenség hypothetikus-e, vagy épen az-e a tünemények valója? (réalité). Igy aztán a rationalis mechanika törvényeit csupán az élettelen testekre tartják alkalmazhatóknak, holott az organicus testeknél is igazolvák.

„A testek ezen passiv állapota valóságos abstractio, mely reális szerkezetükkel (constitution) ellenkezik."

Mig régebben a testeket természetüknél fogva passivoknak, tehetetleneknek tartva a bennök netalán jelentkező activitást kivülről reájuk ható, természetfölötti lényeknek tulajdonították: a positiv philosophia azt állítja, hogy a testek mind mutatnak több-kevesebb önkényes (spontané) activitást és csak emennek különböző foka különbözteti meg az élő testet az élettelentől.

„Élő" anyag, sui generis nincs, — hisz az is ugyan azon elemekből áll, mint az élettelen, csakhogy amannak több az activitása. Megengedve azt, hogy a tömecsek birnak vonzással, — nem mondhatom őket passiv természetüeknek; ha pedig tehetetleneknek állítva őket, a tömeg lezuhanását csupán a föld vonzásából eredőnek tekintem: akkor a tömegre ruházom azt az activitást, a mit az egyes tömecsektől megtagadtam. De más, például hőtani, elektromos és chemiai tüneményekből is nyilvánvaló, hogy az anyag tehetetlensége physikailag véve valóságos absurdum. — Hogy ezen téves feltevés alapján mégis levezethetők a valóságnak megfelelő törvények, az onnan van, mert a rationalis mechanika az indító okokkal nem törődve, magát a mozgást vizsgálja, következőleg egészen mellékes körülmény reá nézve az, valjon magában a mozgó testben rejlő, vagy pedig kivüle létező erő okozta-e a változást? — Sőt épen ez a feltevés, tehát a testekben rejlő természetes erőktől való eltekintés, tette lehetővé az abstract mechanika megállapítását. Az alkalmazott mechanikának ezeket is kell, hogy számításba vegye, csakhogy ez eddig csupán naprendszerünk tüneményeinek magyarázatánál sikerült, míg más physikai, különösen elektromos, aztán a chemiai és még inkább a biologia tünemények magyarázatánál ugyanazt tenni: majdnem a lehetetlenséggel határos!

Tekintsük most a mozgás törvényeit. Számuk háromra reducálható, és mert az észlelet szolgáltatta azokat, azért a priori indokolásuk, levezetésük absurdumnak tekintendő. — Az első Keppler felfedezése: a tehetetlenség törvénye, melynek értelmében a test reá hatott pillanatnyi erő következtében egyenes vonalu pályán kénytelen mozogni állandó sebességgel. Ezt, az élő testekre is érvényes törvényt a causa sufficisensből a priori levezetni — mint a hogy azt megkisérlették — hiába való dolog. — A második Newtontól ered: „actio aequat reactionem“, — azaz valahányszor egy test egy másikat megmozdit, ez amannak ellenáll olyformán, hogy a mozgató épen annyi mozgásmennyiséget veszit, a mennyit a megmozdított nyer. Szintén kizárja az a priori való levezetést. — A harmadik a mozgások coexistentiájának elve („az erők együttműködésének“ elve). E szerint valamely mozgó testrendszer mozgása egyátalában nem módosítja az alkotó egyes testek particuláris mozgását, a mely úgy folyik le, mintha a testrendszer nyugalomban lenne. (Laptázás nyugvó és haladó hajón! E példa azonban azt is bizonyítja, hogy az elv csupán akkor érvényes, ha a testrendszer mozgása haladó.) Ez az elv a priori épenséggel meg nem magyarázható, és épen azért rengeteg ellenvetést támasztottak ellene, mikor Galilaei először kimondotta, és csak is akkor érvényesülhetett, mikor a gondolkodók a logikai álláspontot ott hagyva a physikaira helyezkedtek.

A mozgás harmadik törvényéből önkényt foly az erők összetételének, az erőparallelogrammnak tétele, a mely tényleg amannak csak más szóval való kifejezése, és épen azért helytelenül cselekszenek azok, kik az erőparallelogram tételet hamis alapon álló analytikai demonstratiókból vezetik le, mert „valóban sajátságos dolog lenne az, ha az emberi elme tisztán logikai combinatiók segítségével felfedezhetné a természet egy realis törvényét a nélkül, hogy a külvilágot is consultálná.“ — A dynamika alapját képező eme tétel: a sebesség az erővel arányos — szintén a mozgások coëxistentiája törvényéből vezethető le, még pedig ez az egyedül helyes levezetés, mert logikailag legfeljebb annyit lehet állítni: nagyobb erő nagyobb sebességet eredményez, — de valjon a sebesség az erőnek első vagy második, vagy milyen hatványával egyenlő, erre csak a valóság ad feleletet. Ugyanis, ha valamely test egy erő hatása folytán bizonyos hosszuságu és egyenes vonalu utat futott meg és most hozzá még egy, ép oly erős és ép oly irányu erő csatlakozik: akkor a mozgás harmadik törvénye szerint ez a kettős erő nem tehet egyebet, minthogy a testet ugyanabban az irányban, kétszer akkora uton tovább lódítsa — ugyanazon idő alatt! Szóval: ha az erő kétszer akkora, a sebesség is az, tehát a sebesség az erővel arányos.

A mozgás három törvénye (számuk idővel szaporodhatik!) képezi a rationalis mechanika experimentalis, biztos alapját, melyen ez már most akár csupán logikailag is felépíthető. Mert az első meghatározza a pillanatnyi erő okozta egyenletes mozgást, — a második megmagyarázza azt, mint közli mozgását egyik test a másikkal, — míg a harmadik a mozgások összetételére képesít. — Az egyenletes mozgásról szóló fejezet e három törvény egyszerü következményeként tárgyalható és szabatos voltuknál fogva könnyen nyerhető, analytikai egyenletek által fejezhető ki. Az állandó erők szülte egyenletesen változó mozgásról szóló rész, az elébbihez csatolható, az infinitesimális számítás segítségével. Ily módon sikerült ezen tudományág physikai részét a logicaitól szétválasztani.

Az elosztást illetőleg Comte tekintettel a tudomány fejlődésére és arra, hogy a dynamikában egy uj tényező, az idő is szerepel, elébb a statikát és aztán a dynamikát véli tárgyalandónak. Azt is helyesli, hogy a szilárd és a folyós testeken észlelhető tünemények egymástól elkülönittessenek, (a szilárd testek mechanikája megelőzze a folyósokét) és végül reámutat arra a hézagra, mely a szilárd s a cseppfolyós halmazatú testek között átmenetet képező úgynevezett „nyúlós“ testekről addig szerzett hiányos ismeretekből ered.

A statika általános áttekintése.

A mechanika kétféle módon tárgyalható: vagy a statikát tekintem önállónak és ennek rendelem alá a dynamikát, vagy megforditva a statikát a dynamika egy specialis esetének veszem.

Kezdetben az elsőt követték és alapját már Archimedes vetette meg az emelő és az uszó testek törvényének felfedezése által. Minthogy Archimedes törvénye csak párhuzamos erőkre érvényes Stevin összehajló erők egyensulyi feltételeit kereste, még pedig igen helyesen kisérleti uton haladva. De időközben Galilaei megalapítja a dynamikát s így már most a másik módszert követve, sikerült Varignonnak megtalálni, bármely összehajló erőkből álló erőrendszernek és d'Alembertnek, bármely változatlan alaku test különböző pontjain támadó egészen tetszőleges erőrendszernek egyensúlyi feltételeit.

Comte az első módszert — mely a statikából indúl ki — tartja a philosophiának inkább megfelelőnek, de elismeri azt is, hogy az ellenkező eljárást követve elég biztos alapot szolgáltat az egyenletes mozgás theoriájának ismerete, — (mely a mozgás harmadik törvényének egyenes következménye) — ha pillanatnyi erők esetén az időre nem kell tekinteni, és ha folytonos erők esetében ezeknek végtelen kis időben okozott hatását vesszük szemügyre.

Az egyensúlyi feltételek keresésénél feltehető az, hogy az erők bármelyike a többit mind egyensúlyban tartja, vagyis a feladat megoldása az erők összetételén fordúl meg; az erők lehetnek összehajlók, vagy párhuzamosok. — A feladat még egyszerűbb lett a momentum fogalmának megállapítása után. Momentum alatt értjük valamely erőnek a forgásponttól, vagy pedig egy bizonyos siktól mért távolsággal való szorzatát. Az elébbi az összehajló, az utóbbi pedig párhuzamos erőknél fordúl elő. Segitségével az egyensuly feltétele így fejezhető ki: „egy sikban működő tetszésszerinti erők eredőjének (resultans) a forgóspontra vonatkozó momentuma egyenlö az alkotó erők (componensek) momentumainak algebrai összegével.“ — A párhuzamos erőkre vonatkozó tétel hasonlóan fogalmazható. Ez átalános tétel szolgáltatja a bármely erőrendszernek egyensúlyi feltételeit kiszegező egyenleteket, — számra nézve hatot.

Minthogy d'Alembertnek elvével bármely mozgási problemát egyensúlyt feladattá lehetett átalakítani, szükségessé vált a statikát directe, önállóan tárgyalni, s a dynamikát ebből levezetni, s így a statikát a philosophiai tökélynek még nagyobb fokára emelni, a mi Lagrange-nak csakugyan sikerült is.

Lagrange ugyanis a Galilaei által két erőre és a Bernouilli János által sok erőre érvényesnek bizonyitott „virtualis sebességek“ elvét a rationalis mechanika alapelvéűl elfogadván, képes volt még d'Alembert elvének segítségűl vételével az egész mechanikát egyetlenegy theoremából kifejteni (traité de mécanique analytique) s így azt philosophiailag a legnagyobb tökélyre emelni.

Tegyük fel azt, hogy az erő támadási pontja valamely lehető irányban végtelen kis távolságra kimozdul, vetitsük ezt a végtelen kis utat az erő irányára: ez a vetület a virtualis sebesség. Az erőt a virtualis sebességgel szorozva nyerjük a virtualis momentumot. És most az elv így fejezhető ki: egyensúly esetében az összes erők virtualis momentumainak algebrai összege $= 0$. Tehát kapunk egyetlen egy egyenletet, melyben az egész rationalis mechanika benfoglaltatik. — Ezen elv alkalmazásánál előforduló nehézségek tisztán analytikai természetűek, s ezeket legyőzve az egyensúlynak ugyan-azt a hat egyenletét nyerjük, melyeket az elébb vázolt dynamikai módszer szolgáltatja. Sőt még azon esetben is érünk czélt, ha a test mozgásában többé-kevésbé akadályozva van (csakhogy ilyenkor az akadályok is bevezetendők az egyenletekbe!) — és ha a test alakja kis mértékben változó.

Mig előtte a virt. sebesség elvét az egyensuly egyik tulajdonságának tekintették, Lagrange ezt önállóvá tette s nem vezette le semmi más elvből, — bár a mozgás egyik törvénye következményének tekinthető. — Minthogy ez az elv a mechanika egységes voltát, s így philosophiai tökélyét megteremté, Comte feleslegesnek tartja egy még általánosabbat keresni, hacsak nem az analytikai nehézségek kisebbítése czéljából, a mit — tekintve Lagrange elvének könnyű alkalmazhatását — majdnem lehetetlennek tart. *

Poinsot az „erőpár“ fogalmának és törvényeinek megállapításával egyszerübbé és világosabbá tette, tehát tökéletesbíté a dynamikai módszert, még pedig azért, mert megadta a momentum valódi jelentését. Mert előtte a momentum az egyensulyi törvények algebrai kifejezésének könnyítése czéljából mesterségesen bevezetett, abstract fogalom volt, ő pedig megmutatta azt, hogy a momentum az erőpárnak direct mértéke. Az erőpár különösen világot vet a forgás természetére, mert a mi a haladó mozgásnál az erő, az a forgásnál az erőpár!

Tekintsünk most e két módszer bármelyike által szolgáltatott hat egyenlet jelentését. A mozgásnak legáltalánosabb esete az, midőn a test halad is, forog is, olyannyira: hogy egyikből a másiknak létezését is következtethetni. (P. o. A nap forog, tehát ráfoghatom, hogy haladó mozgása is van.) — A nyert hat egyenlet közül hány vonatkozik a priori, a haladó, és hány a forgó mozgásra? — A test nem halad, ha bebizonyítom, hogy három, egymásra merőleges egyeneshez (coordinata tengelyek) viszonyítva mozdulatlan. Továbbá: valamely tengely körül forgó test mozgása szintén három, egymásra merőleges tengely körüli elemi forgásra bontható fel, következőleg, ha bebizonyítom azt, hogy ez utóbbiak mindegyike egyenlő zerussal: a test nem forog. — E szerint

* Mainap az a még általánosabb elv már ismeretes, ez „az energia megmaradásának elve“, melynek a virt. sebességről szóló s Lagrange által a mechanika alapjául elfogadott tétel, csak egy specialis esete. R. A.

nyilvánvaló, hogy a hat egyenlet közül három a haladó, és három a forgó mozgásra vonatkozik, és ha mindegyik külön-külön = o, a test egyensulyban van. De ha a müködő erők iránya nem egészen tetszésszerinti, vagy ha a test egyik-másik irányban valami kényszernek van alávetve: az egyensúlyt kifejező egyenletek száma háromra, kettőre, sőt esetleg egyre is redukálódik. — Igy ha a testben egyetlen mozdulatlan pont van, a haladás lehetetlen, s a hátralevő három egyenlet elegendő az egyensúly kifejezésére, — és ha három, nem ugyanazon egyenesben fekvő pont van nyugalomban, akkor a test egyensúlya feltétlen. Az okoskodás hasonló akkor, midőn az adott pontoknak adott görbén, vagy bizonyos felületen kell maradniok. A feladatok tényleges megfejtését illetőleg Comte a virt. sebességek elvén alapuló statikai módszert tartja legrövidebb uton czélhoz vezetőnek.

Eddig a testeket passivoknak tételeztük fel, hogy állunk a testekben rejlő erőkkel szemben? Ebben az irányban eddig csak egyetlen-egy problémával birkóztak meg: a nehézséggel, ez is csak úgy volt lehetséges, mert a feladat tisztán geometriainak vehető. Ugyanis, minden homogen test az egyes tömecseken támadó egyenlő és párhuzamos erők rendszerének tekinthető, ennek megkeresendő az eredője, s ez aztán a külső erők közé sorozható. — Legnehezebb meghatározni az eredő támadási pontját, a tömegközéppontot (súlypont). Erre a párhuzamos erők középpontjáról szóló tételt használva, a következő szabályt nyerjük: „A tömegközéppont távolsága, egy bizonyos siktól, egyenlő az egyes pontok távolságainak összegével, elosztva a pontok számával.“

Ez a szabály közvetlenül megadná a tömegközéppontnak a három coordinata tengelyre vonatkozó coordinátáit, — ha a test véges számú pontokból állana! Ámde a tömecsek száma végtelen, s igy a tört számlálója és nevezője végtelen sok összeadandók összegéből alakul, a mi uj nehézség, csakhogy ezt elháritja az integral-számitás, mert ez esetben mindkét összeg valóságos integrál. Azonban megjegyzendő, hogy határozott eredményt és egyszerü kifejezéseket csak akkor nyerünk, ha a kérdéses test valamely forgásfelület által határoltatik, a mi a legfontosabb esetekben tényleg igy is van (égi testek!) — A gravitatiót illetőleg megjegyzendő, hogy eddig csak két sphaerikus, a gömbtől kevéssé eltérő testnek egymásra gyakorolt vonzását birjuk kifejezni, azt is csak megközelitőleg, s akkor is feltételeztetik a két test sürüségének ismerete — a melylyel pedig nem birunk.

A külső körülményeket, milyenek a surlódás, a közeg ellenállása sat., — a melyektől az elméleti mechanika törvényeinek levezetésénél mindig eltekintettek, — épenséggel nem lehet számításba venni, mert a róluk eddig alkotott hypothesisek nagyon is feltételesek és egyátalában nem szabatosak.

A folyós testek mechanikája két módon tárgyalható: vagy közvetetlenül keresendők a folyadék egyensúlyi feltételei, — vagy pedig levezethetők a szilárd testekéiből. Eleinte, mint könnyebbet, az első utat választották a 17. és 18. század geometrai, kik az eredetileg folyósnak feltételezett föld alakját a priori igyekeztek levezetni. A folyadék egyensulyának feltételeit Clairaut fedezte fel, utána Maclaurin és kivált Euler azáltal tökéletesbítették ezt a theoriát, hogy kiindulási pontnak elfogadták a nyomás arányos elterjedésének elvét, a mely észlelésen alapuló törvénynek tekinthető. Itt is az a nehézség, hogy nem ismerjük a sürüségnek változását a folyadék belsejében, de ha ettől eltekintünk, a feladat csupán analytikai természetü.

Minthogy a virt. sebességek elve a folyadékokra is érvényes, sikerült Lagrange-nak a folyós testek mechanikáját a statika egy részének feltüntetni. E czélból még egy uj erőt kellett segitségül vennie, tudniillik azt a pressiót, melynek minden egyes tömecs ki van téve, mi által három uj virt. momentum került a számitásba. Természetesen az is felteendő, hogy a folyadék állandó térfogatát megtartva, alakját változtathassa.

A terjengős testek tárgyalásánál az összenyomhatatlanság helyett figyelembe veendő az a körülmény, hogy a térfogat a nyomásnak bizonyos határozott functiója szerint változik.

A dynamika áttekintése.

A dynamika lényeges feladata: meghatározni a folytonos erők okozta változó mozgást. Kezdeni kell a legegyszerübb esettel, azzal, t. i. mikor a pálya egyenes és valamennyi pont ugyanazzal a mozgással bir, — ily mozgást szül egy, mindig ugyanabban az irányban müködő folytonos erő. — Az ezen fajta mozgás többfélekép határozható meg. A meghatározási módok közt az a legátalánosabb, melynél az itt előforduló négy változót: az időt, tért, sebességet és az erőt egy egyenletbe szedjük olyformán, hogy köztük csak az egyik függetlenül változó. Az infinitesimalis számitás könnyen megadja a szükséges két egyenletet. Feltéve ugyanis azt, hogy a mozgás végtelen rövid időközökben egyenletesnek tekínthető, a sebességet egyenlőnek vehetem az ut és az idő differentiáljának hányadosával, — továbbá, ha a mozgás két egymást követő intervallumban egyenletesen gyorsulónak tekinthető, akkor az erő egyenlő a sebességnek differentialja, osztva az idő differentialjával. A két alapegyenlet segítségével az analysis minden lehető kérdésre megadja a feleletet.

Lagrange más oldalról mutatta be ezt a theoriát, mert ő a függélyesen dobott test példájából indulva a változó mozgást kétféle, nevezetesen egyenletes és egyenletesen változó mozgásból összetettnek tekinti. Ezt a gondolatot általánositja Comte az által, hogy a görbéknek és felületeknek érintkezéséről szóló theóriának mintájára, ezen elemi mozgások assimilátiójának theoriáját állitja fel. Ez felvilágosítást adhatna oly mozgásról is, melyben a pálya az időnek 3-ik sőt 4-ik hatványával lenne arányos!

Ezután áttér a pontnak görbe pályán való mozgására, a mely kétféleképen tárgyalható, a mint t. i. a pontot teljesen szabadnak tekintem, vagy pedig felteszem azt, hogy kényszerülve van a görbén, illetőleg görbe felületen megmaradni. — Először: a pont tökéletesen szabadon mozoghat. Az adott erőknek valamely pillanatra vonatkozó resultánsát felbontom két componensre, egyik az érintőbe esik, a másik a merőlegesbe. Most megengedhető az, hogy a mozgás végtelen kis időközben egyenes vonalú, még pedig az érintővel összeeső. Ilyformán a pont mozgása a nyert két componens közül csakis az elsőnek tulajdonitható lévén, az egyenes vonalu mozgás formulái, alkalmazhatók, és ha ezekbe még a gyorsitó erőt is felvesszük, megkapjuk a görbevonalu mozgást kifejező három egyenletet. Ugyanahhoz az eredményhez Euler sokkal egyszerűbben eljutott az által, hogy a mozgás harmadik törvénye értelmében mind a mozgást, mind pedig az eredő erőt három, egymásra merőleges tengelylyel párhuzamos componensre bontatta, minek következtében a görbe pályán való mozgás helyett egyenes vonalú mozgásokat kellett meghatároznia. Az egyenletek másodrendüek. — Ismerve a müködő erők törvényét integrálás segitségével megtudhatók a mozgás minden körülményei és megforditva emezekből meghatározható az erő. (Igy Keppler 3 geom. törvényeiből levezethető a gravitatió törvénye.) — Ezen első esetből a második, a mikor t. i. a pont nem mozoghat szabadon, az által vezethető le, hogy a görbének, illetőleg a felületnek ellenállását mint uj erőt vesszük számitásba.

A görbe vonalú mozgás azonban úgy is tárgyalható, ha ebből a feltevésből indulunk ki, hogy a pont kénytelen valamely adott görbén maradni. Ez esetben a feladat szükségessé teszi a centrifugalis erő kifejezésének meghatározását, mely feladatot Huyghens megoldotta. Ily módon kiindulva ugyanazt az eredményt kapjuk, mint az első eljárással, s akkor könnyü szerrel át lehet térni az első esetre, mely a pontot egészen szabadon mozgónak tételezi fel.

Most tekintsük az egymással bizonyos kapcsolatban lévő részekből alkotott testnek, illetőleg testrendszernek mozgását. Itt az egyes alkotók „eredeti" mozgása a többiekkel való összeköttetés folytán módosittatik. Mindenekelőtt az erőnek uj mértékére volt szükség s ezt megtalálták a mozgásmennyiség fogalmában, a mely alatt a tömegnek sebességével való szorzatát értjük. Ez a forgalom valóban kifejezi az erő nagyságát az ütközésnél, sőt azt a nyomást is, melyet valamely mozgásban lévő test az útját álló akadályra gyakorolhat. — A főnehézség itt abban áll, számot adni arról a befolyásról, melyet az egyes testrészek egymással való összeköttetésüknél fogva sajátlagos mozgásukra gyakorolnak. (P. az összetett inga: egyes testrészecskék vesztenek, mások nyernek sebbességet sat.) E nehézséggel szemben a geometrák minden egyes lényeges esetben egy-egy uj, u. n. „elv" felállitásával igyekeztek a bajon segiteni, mig d'Alembert véget nem vetett e játéknak a nevéről elnevezett elv felállitásával. Ez az elv igy formulázható: „Az összeköttetésüknél fogva egymást gátló testek mozgásakor a nyert és a vesztett mozgásmennyiségek egymással egyensúlyban vannak," — a mit már Bernouilli Jakab is sejtett.

A mi d'Alembert elvének philosophiai becsét illeti, megjegyzendő, hogy az a mozgás 2-ik törvényében gyökerezik, sőt hogy azzal teljesen azonos, ha a mozgó testrendszer csupán két, egymáshoz kapcsolt testből állónak vétetik, hogy tehát a Newtonféle mozgási törvények lehető legszélesebb általánosítása s ennek következtében nem pusztán logikai, hanem physikai jellegű. — Nyilvánváló hogy ezen elv bármely dynamikai problemát statikaivá enged átalakitani, mert közvetlenül szolgáltatja a szükséges egyenleteket — a többi aztán már az analysis dolga. — De mert gyakran a vesztett mozgásokat felismerni vajmi nehéz, Hermann és különösen Euler a „vesztett mozgás" helyett a „primitív" mozgásra (t. i. arra, melylyel a test birna ha nem volna máshoz hozzácsatolva,) fordítva figyelmét, az elvet így fejezte ki: „a testrendszer egyensulyban lesz, ha mindegyik testtel közlünk ténylegesen birt mozgásmenynyiségével egyenlő és ellenkező írányú mozgásmennyiséget."

Hogy a philosophia követelményeinek megfeleljünk, nem marad más hátra mint d'Alembert elvét, mely különben is egyensulyról szól, a virt. sebességek elvével egybekapcsolni, illetőleg amazt ennek alárendelni. Ezt megtette Lagrange „Mécanique analytique" czímű művében és ezáltal szigorú egységet hozott ebbe a tudományba, mert most már minden kérdés egy és ugyanazon elvből oldható meg, s a megoldás nehézségei csupán analytikai természetüek. E módszer szolgáltatja a dynamika általános formuláját, egyetlenegy egyenletet, melyben implicite mind azok az egyenletek benfoglaltatnak, melyek tetszőleges erőrendszer által mozgatott bármely testrendszer mozgásának teljes meghatározásához szükségesek! — E szerint benne vannak az előzőleg tárgyalt esetek is, és csakugyan a pontnak görbe pályán való mozgásának elmélete amaz általános esetnek egyik specialis esete.

Végűl álljon egy megjegyzés, mely nem annyira a tudományra, mint inkább a módszerre vonatkozik, — ez a következő. Bármilyen erők hatása alatt álló testrendszer mozgásának tárgyalásánál kettős a feladat: 1-ör kell, hogy meghatározzuk a testrendszer tömegközéppontjának sebességét és irányát bármely pillanatra vonatkozólag, — 2-or pedig a tömeg középponton átmenő forgástengely irányát és minden alkotó rész forgásának sebességét. A mozgás egyéb körűlményei az elébbiekből önkényt következnek.

A dynamika általános formulája alkalmazható a folyadékokra is és d'Alembertnek csakugyan sikerűlt a folyadékok-mozgásának általános, azelőtt még ismeretlen egyenleteit megállapitani. Csakhogy az alkalmazáskor sokszor még a legegyszerűbb esetekben is legyőzhetetlen analytikai nehézségekre bukkanunk. Ezeknek elodázására elfogadták Bernouilli Danielnek a párhuzamos metszetekről szóló jeles hypothesisét, mely szerint az egyes tömecsek mozgása helyett egyes rétegekét veszik szemügyre. De sajnos, hogy a valósággal ellenkezésbe jön, midőn azt állítja, hogy az egyes vizszintes rétegek, mint olyanok mozognak és lépnek egyik a másiknak helyére. — A hydrodynamika tehát még bölcsőjében fekszík és még inkább az aërodynamika és mindkettőnek tovább fejlődése az analytika előrehaladásától van feltételezve. *

* A légnemű testek mechanikájába vágó kérdések legtöbbjét megoldották azóta a gázok „kinetikai theoriája" alapján, mely az energia megmaradásának elvén épült föl. R. A.

A rationalis mechanika főtheoremái.

A mechanikának régi, úgynevezett elvei a statika és a dynamika theoriáinak egyes, többé-kevésbé általános tételei csupán.

Ilyen Toricellinek a Föld vonzására vonatkozó elve, mely szerint valamely sulyos testnek avagy testrendszernek tömegközéppontja egyensuly esetében a lehető legmélyebb, vagy pedig legmagasabb helyzetet foglalja el, — a mit kisérletileg igazolt ugyan, de egyenes levezetése hiányos, mert az „elv" második állítását nem indokolja. Maupertuis általánosította a „nyugalom törvénye" elnevezés alatt (mindennemű vonzásra érvényes) és Lagrangenál concrét alakot ölt, a mikor emígy fogalmazza: „a testcsoport akkor van egyensulyban, midőn az eleven erők összege minimum, vagy maximum"; az első állításnak megfelel a stabilis, a másiknak a labilis egyensulyi helyzet. — Különben e tétel helyesen csak is a virtualis sebességek elvéből vezethető le.

Épen igy van az a mozgást illető tételekkel is.

Első, Newtonnak a tömegközéppont mozgásának megtartásáról szóló elve, mely azt állitja, hogy a test csoport egyes tömegeinek egymásra való hatása nincsen befolyással a tőmeg középpont állapotára. Ezen, d'Alemberttől még általánositott tétel a dynamikának nagyon fontos szolgálatokat tett, mert az egyes tömegek állapotával nem törődve, csak a sulypont mozgását kellett meghatározni. Newton elve a dynamika általános formulájának a haladó mozgásra vonatkozó egyenleteiből következik.

A második Keppler-től ered: „keringő testnek radius vectora egyenlő időközökben egyenlő felületeket súrol." — Ez a pont görbe vonalú mozgásának egyenleteiből vezethető le, és nevezetes, hogy K. azt megtalálta, még mielőtt Galilaei a dynamikát megalapitotta volna. Minthogy ez a törvény csak egyetlen pont mozgására vonatkozik, azért csak speczialis esete azon általánosabb, d'Arcy, Bernouilli Dan. és Euler által a mult század közepe táján egyidejüleg felfedezett elvnek, mely bármily relativ mozgással biró tömegekből álló, de különben keringő testrendszer minden egyes pontjáról hasonlót állit. — A radius vector által végtelen kis időben súrolt felület arányos lévén a sebességnek és a fixponttól való távolságnak négyzetével: a súrolt felületek helyébe a momentumok tehetők s akkor ezen momentumok összege, mely egyensuly esetében zeróval egyenlő, mozgás esetében állandó. (Euler, Bern.) Ez a tétel a dynamika általános formulájának a forgásra vonatkozó egyenleteiből származtatható le. Ennek az elébb tárgyalt tétellel való combinatiója elegendő bármely testrendszer haladó és forgó mozgása minden körülményeinek meghatározására. Philosophiailag tekintve Poinsot még tökéletesebbé tette azt, mert a felületek, illetőleg momentumok — tehát tisztán geometriai fogalom helyett az erőpárokat az az tényleg létezőt helyettesitett.

Továbbá emlitendő a „tehetetlenségi momentum“ és a „főtengelyek“ tétele Eulertől. Tehetetlenségi momentum alatt értette Euler a tömegek tömegének és a tengelytől való távolságaik négyzeteiből alakuló sorzatok integrálját, azt fedezte fel, hogy a forgó test bármely pontján, de különösen annak tömegközéppontján át huzható három egymásra merőleges tengely, és hogy ezekre nézve a test tehetetlenség, momentuma maximum, illetőleg minimum. E tengelyeket elnevezte Euler a forgás főtengelyeinek, és kimutatta, hogy a forgás csak ugy állandó, ha a főtengelyek valamelyike körül megy végbe. Fekvésüket csakis forgási testekben (az astronomia csupán ilyenekkel foglalkozik) lehet aránylag könnyen meghatározni.

Mint nem épen nélkülözhetetlen tételeket felemliti Comte még a következő hármat.

Először Huyghens tétele az eleven erő megmaradásáról, mely igy szól: „ha valamely mozgó testcsoport egyes tömegeinek mozgása az egymásra gyakorolt kölcsönös hatásuknál fogva módosulna is: az eleven erők összege mégis állandó marad.“ Mivel Carnot kimutatta azt, hogy nem teljesen rugalmas testek ütközésénél, és hirtelen irányváltozás esetében is az eleven erő egy része „elvész“, Comte e tételt nem tartja oly általánosnak, mint az elébbieket,* de elismeri praktikus fontosságát a gépeket illetőleg, és igen helyesen következtetheti belőle azt, hogy a gép erőt fogyaszt, és hogy a perpetuum mobile absurdum.

Második Maupertuisnek „a legcsekélyebb hatás (*müködés*!!!) elvet“ (principe de la moindre action), melyet voltaképen Lagrange

* Pedig ezen, szerinte nélkülözhető tételtől már csak egy lépés kell az általa hiába keresett alapelvhez: az energia megmaradásának elvéhez, mely nemcsak a physikának, de az összes természettudományoknak igazán alapelve. A Carnot kimutatta erőveszteség onnan ered, mert eleven erő egy része meleggé alakult át, a mit Comte még nem tudott, jóllehet Rumford már 1798. s Davy 1812. tettek idevágó kisérleteket. R. A.

alapitott meg, és végül Bernouilli Dánielnek elve *az apró rezgések coexistentiájáról*. Ha stabilis egyensulyi helyzetben levő testet ebből kissé kimozdítunk, akkor lengéseket végez, mig ismét nyugalomba tér. Bernouilli tétele azt állítja, hogy az ilyen egyidejüleg előidézett zavarokból keletkező apró rezgések együttesen létezhetnek, egymást nem zavarják, azaz mindegyik úgy megy végbe, mintha csak egyedül léteznék. (Vizhullámok, akkord.) E tétel különben a mozgás általános egyenletében rejlik s igy nevezetes példája az abstract és a concret közötti kapcsolatnak, a milyent a mathematikai philosophia nem egyet hozott napfényre!

Ráth Arnold.