

4  
ФРИДРИХ ЕНГЕЛС

Рајко Алексић  
судуј  
— Кривичног

# ДИЈАЛЕКТИКА ПРИРОДЕ

ОСНОВНИ ОБЛИЦИ КРЕТАЊА  
МЕРА КРЕТАЊА — РАД  
ТОПЛОТА  
ЕЛЕКТРИЦИТЕТ (ПОЧЕТАК)

Преводи  
Д. САНДИЋ

ШТАМПА „ГРАФИКА“ — БЕОГРАД

1939

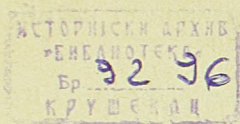
ИСТОРИСКИ АРХИВ



4. 162.6

(19)

БИБЛИОТЕКА  
УЈЕДИЊЕНОГ СЪВЕЗА  
АНТИФАШИСТИЧКЕ ОМЛАДИНЕ СРБИЈЕ  
ОДБОР IV ОДЕЉКА



Бр. Ф. 16

## ОСНОВНИ ОБЛИЦИ КРЕТАЊА

Кретање у најширем смислу речи, узето као начин постојања материје, као инхерентни атрибут материје, обухвата све промене и процесе у васиони, од просте промене места до мишљења. По себи се разуме да је проучавање суштине кретања морало поћи од најнижих, најпростијих његових облика и њих прво објаснити, пре него што се могло упусти-ти у објашњавање виших и сложенијих облика кретања. Отуда видимо да је у историском развоју је-стаственице прво изграђена теорија најпростијег премештања, механика васионских тела и земаљских маса; за њом је дошла теорија молекуларног кретања, физика, и одмах за овом, скоро упоредо с њом а понегде и пре ње, наука о кретању атома, хемија. Тек када су ове разне гране науке о кретању у неорганској природи достигле висок степен развитака, могло се успешно приступити објашњењу оних кретања која претстављају животни процес. То објашњење је напредовало сразмерно прогресу механике, физике, хемије. Тако, док је механика већ одавно устању да сведе на законе неорганске природе дејства која мишићним скраћивањем крећу коштане полуге животињског тела, дотле се физикално-хемиско објашњење осталих животних појава још налази тек у почетном стању. Због тога смо приморани да, проучавајући овде суштину кретања, изоставимо органске облике кретања. Отуда смо принуђени да се — зависно од

стања науке — ограничимо на облике кретања у неорганској природи.

Свако кретање везано је за неко премештање, па било да је то премештање васионских тела, земаљских маса, атома или етарских делића. Што је виши облик кретања то је незнатније ово премештање. Премештање ниуком случају не исцрпљује суштину одговарајућег кретања, али је премештање нераздвојно од кретања. Најпре дакле треба проучити премештање.

Целокупна позната природа чини један систем, један општи однос тела, а ми овде под речи тело разумемо све материјалне реалности од звезда до атома, па и до етарских делића, уколико је призната њихова егзистенција. Из тога, што ова тела стоје у међусобном односу, логички следује, да она дејствују једно на друго, и то њихово узајамно дејство је кретање. Већ из овога излази да се материја не може замислити без кретања. И кад даље истакнемо да је материја нешто дато, нешто што се не може ни створити ни уништити, онда из тога следује да се и кретање не може ни створити ни уништити. Овај закључак постао је неизбежан чим је васиона схваћена као систем, као повезана целина тела. А пошто је философија дошла до овога сазнања много раније него што се оно учврстило у јестаственици, појмљиво је зашто је философија пуних 200 година раније од јестаственице извела закључак о нестворљивости и неуништивости кретања. Чак и облик у коме је то она учинила још увек је савршенији од садашњег јестаственичког формулисања тог закључка. Декартова теорема, да је количина кретања у васиони увек иста, има само формални недостатак, што је израз за нешто коначно употребљен за бесконачну величину. У јестаственици међутим и данас постоје две формулације истог закона: Хелмхолцова формулација о одржавању **силе** и новија, прецизнија, о одржавању **енергије**, а као што ћемо видети, једна формулација оштро

противуречи другој и поред тога свака изражава само једну страну односа о коме је реч.

Кад два тела дејствују једно на друго тако да је последица дејства премештање једног тела или оба тела, онда се ова промена места може састојати једино у њиховом приближавању или удаљавању. Или се тела узајамно привлаче или се одбијају. Или, како се то у механици каже, силе које дејствују између два тела су централне, дејствују у правцу линије која спаја њихова средишта. Данас нам је по себи разумљиво да се ово дешава стално и безизузетно у васиони, маколико изгледала компликована нека кретања. Изгледало би нам бесмислено да два тела, која једно на друго дејствују, чијем се узајамном дејству не противи нити каква сметња, нити какав утицај трећих тела, могу то дејство да изврше другаче сем најкраћим и најнепосреднијим путем, тојест у правцу праве линије која спаја њихова средишта. Као што је познато, Хелмхолц је и математички доказао (*Erhaltung der Kraft*, Berlin 1847, Abschn. I и II) да се централно дејство и непроменљивост количине кретања узајамно условљавају и да усвајање претпоставке да сем централних дејстава постоје и друга нецентрална дејства води закључцима да се кретање може или створити или уништити. На тај начин је основни облик сваког кретања приближавање и удаљавање, скупљање и ширење — једном речи стара поларна супротност: **атракција** и **репулзија**.

Изрично напомињемо да се овде атракција и репулзиција не узимају као такозване „силе“, него као **прости облици кретања**. Још Кант је схватио материју као јединство атракције и репулзије. Видећемо у своје време шта су то „силе“.

Свако кретање се састоји у неизменичном дејству атракције и репулзије. Али је оно могуће само ако се свака поједина атракција компензира одговарајућом репулзијом на другом месту. Иначе би временом морала једна страна да стекне превагу над другом, а услед тога би најзад престало кре-

тање. Све атракције и све репулзије морају се дакле узајамно уравнотежавати. Тиме се закон о неуништавности и нестворљивости кретања изражава овако: свако атракционо кретање у васиони мора се допунити подједнаким репулзионим кретањем, и обрнуто; или, како је то изразила стара филозофија — много пре него што је јестаственица установила закон о одржању силе односно енергије — збир свих атракција у васиони раван је збиру свих репулзија.

По овоме изгледа да још увек постоје две могућности да временом престане свако кретање, и то или због тога што ће се репулзија и атракција једном заиста изједначити, или услед тога што ће се сва репулзија дефинитивно усредити у једном делу материје а сва атракција у другом делу. Према дијалектичком схватању ове могућности а priori не могу постојати. Чим је дијалектика на основу резултата нашег дотадашњег искуства са природом доказала, да су све поларне супротности уопште условљене узајамним дејством оба супротстављена пола, да растављеност и супротстављеност ових полова постоји само у њиховој повезаности и сједињености и обрнуто, да њихова повезаност постоји само у њиховој растављености, заједница у њиховој супротстављености, није могло више бити ни говора о неком коначном изједначењу репулзије и атракције, ни о некој коначној раздели облика кретања, тако да се један облик усреди на једну половину материје а други облик на другу половину материје, дакле више се није могло говорити ни о међусобном прожимању нити о апсолутној раздвојености оба пола. Тврдити да се полови узајамно прожимају значило би исто што и тражити да се северни пол и јужни пол неког магнета узајамно и један другим неутралишу, тврдити опет да су полови апсолутно раздвојени било би исто што и ишчекивати да пресецање магнета по средини између оба пола створи од једног дела северну полутину без јужног пола, од другог дела јужну полутину без се-

вернога пола. Но иако већ дијалектичка природа поларних супротности не допушта такву претпоставку ипак хипотеза о апсолутној раздвојености полова игра извесну улогу у физичким теоријама благодарећи метафизичком начину мишљења које влада међу природњацима. О томе ће бити речи на одговарајућем месту.

Како дакле изгледа кретање у наизменичном дејству атракције и репулзије? Ово ћемо најбоље проучити на појединим облицима кретања. Закључак ћемо добити на крају.

Узмимо кретање неке планете око њеног централног тела. Обична школска астрономија и Њутн објашњавају елипсу, коју описује звезда, заједничким дејством две силе, дејством атракције централног тела и дејством тангенцијалне силе која вуче планету перпендикуларно на правац те атракције. Школска астрономија дакле прихвата сем централног облика кретања још један други правац кретања или такозвану „силу“ која је перпендикуларна на праву која везује средишта. Тиме она долази у сукоб са напред изнетим основним законом, по коме се у нашој васиони све кретање врши само у правцу средишних тачака тела која дејствују једно на друго, или, као што се обично вели, кретање проузрокују силе које дејствују централно. Школска астрономија на тај начин уноси у теорију такав елеменат кретања, који, као што смо већ видели, неизбежно води у идеју о стварању и уништењу кретања те отуда претпоставља и створитеља. Због тога је било потребно дакле свести ову мистериозну тангенцијалну силу на неки централни облик кретања, то је и учинила Кант-Лапласова космогеничка теорија. Као што је познато, по овој хипотези цео сунчев систем постао је лаганим згушњавањем врло разређене ротационе гасне масе; природно да је на полутару ове гасне лопте ротационо кретање било најјаче и да је откидало од масе поједине гасне прстенове, који су се згушњавали у планете, планетоиде, итд. и кружили око централног тела прав-

цем првобитне ротације. Сама ова ротација обично се објашњава сопственим кретањем појединих гасних делића, то кретање се вршило у најразличитијим правцима, али је најзад из тога добијен вишак кретања у одређеном правцу, и тај вишак проузроковао је ротационо кретање а оно се морало појачавати упоредо са згушњавањем гасне лопте. Но било која хипотеза о пореклу ротације да се прихвати, свака од њих уклања тангенцијалну силу и своди је на нарочито испољавање кретања које се врши у централном правцу. Ако је један директно централни елемент планетарног кретања престављен тежом, атракцијом између планете и централног тела, онда се други, тангенцијални елемент јавља као остатак првобитне репулзије делића гасне лопте, у пренетом или промењеном облику. На тај начин се процес постојања неког сунчевог система претставља као наизменично дејство атракције и репулзије, дејство у коме атракција поступно све више и више добија превагу због тога што се репулзија израчује у облику топлоте у васиону и тако све више и више пропада за систем.

На први поглед се види дакле да је облик кретања узет овде као репулзија исто оно што савремена физика зове „енергија“. Згушњавањем система и из тога потеклим издвајањем посебних тела, из којих се он данас састоји, систем је губио „енергију“, и тај губитак према познатом Хелмхолцовом рачуну данас износи већ 453/454 целокупне првобитне количине кретања која је постојала у систему у облику репулзије.

Узмимо даље неку телесну масу на самој нашој земљи. Та маса је тежом везана за земљу као што је земља са своје стране везана тежом за сунце; али за разлику од земље маса није устању да се слободно планетарно креће. Она се може покренути једино ударом споља па у том случају, чим удар престане, убрзо и кретање масе престаје, било услед самог дејства теже, било услед заједнич-



ког дејства теже и отпора средине у којој се маса креће. И отпор је у последњој инстанци дејство теже, без теже земља неби имала отпорну средину ни атмосферу на својој површини. Ми дакле и у чистом механичком кретању на земљиној површини имамо посао са стањем у коме тежа, атракција, отсудно преовлађује, у коме је слетствено за добијање кретања потребно проћи две фазе: најпре савладати тежу а затим је пустити да дејствује — једном речи најпре подићи масу а затим је испустити.

Опет дакле имамо узајамно дејство између привлачења с једне стране и облика кретања које се врши у супротном правцу од привлачења, то јест репулзивног облика кретања, с друге стране. Само што се овај репулзивни облик кретања не јавља у природи у оквиру земаљске **чисте** механике (која оперише са **датим**, за њу непроменљивим агрегатним и кохезионим стањима). Физикални и хемиски услови под којим се неки камени блок одваљује од врха брега или услови који омогућују водопад леже изван надлежности те механике. У земаљској чистој механици мора се дакле вештачким путем створити репулзивно, дижуће кретање: људском снагом, животињском снагом, парном снагом итд. И ова околност, ова нужност да се вештачки савлада природно привлачење ствара код механичара убеђење да је привлачење, тежа, или како они кажу **сила** теже најбитнији, основни облик кретања у природи.

Кад на пример неки подигнут тег својим директним или индиректним падањем предаје кретање другим телима, према уобичајном схватању механике ово кретање не предаје **подизање** тега него **сила теже**. Тако на пример по Хелмолцу „најпознатија и најпростија сила — тежа, дејствује као погонска сила . . . на пример у зидним часовницима са теговима. Тег . . . не може следовати привлачење теже а да не покрене цео часовников строј”. Али тег не може покренути строј часовника а да сам не пада

а пада дотле док се ланац о који виси потпуно не одвије. „Тада часовник стане, тада је радна способност његовог тега привремено исцрпена. Нити је тег изгубио тежу нити му је она смањена, њега земља и после одмотавање привлачи у истој мери као што је то раније чинила, али је његова тежина изгубила способност да ствара кретање. Но ми можемо навити часовник снагом своје руке, поново дјелујући тег горе. Чим је то урађено тег је повратио своју радну способност те може опет одржавати часовник у раду“ (Helmholtz, 144—145).

По Хелмхолцу дакле, не покреће часовник активно саопштено кретање, не покреће га подизање тега, него тегова пасивна тежина, иако је ову тежину подизање отргло из њене пасивности а после одмотавања ланца о који тег виси тежина се поново враћа у своју пасивност. Ако би дакле, према новом схватању, које смо малопре видели, **енергија** била само други израз за **репулзију**, онда се у старијем Хелмхолцовом схватању **сила** јавља као други израз за супротност репулзији, за **атракцију**. Ми ово за сад само констатујемо.

А кад је завршен процес земаљске механике, процес који се састојао у томе што је тешка маса прво подигнута а затим поново пала на полазну висину, шта бива са кретањем које је овај процес извршио? За чисту механику то кретање је ишчезло. Но ми сада знамо да оно никако није уништено. Оно је својим мањим делом прешло у звучно таласање ваздуха, а много већим делом преобработено у топлоту, — топлоту која је прешла делом на отпорну околну атмосферу, делом на само падајуће тело, најзад делом на место удара. И часовников тег је исто тако поступно одао своје кретање у облику топлоте трења појединим точковима часовниковог строја. Али није **падајуће** кретање, како се обично каже, тојест атракција, оно што је прешло у топлоту, дакле у један облик репулзије. Напротив, атракција, тежа, као што Хелмхолц тачно примећује, остаје оно што је и пре тога била, па је, тачније

се изражавајући, шта више постала и већа. Напротив, оно што је падом **механички** уништено и поново васкрснуло као топлота то је репулзија која је дизањем предата уздигнутом телу. Масена репулзија претворила се у молекуларну репулзију.

Као што је речено, топлота је нарочити облик репулзије. Она преводи молекуле чврстих тела у треперење, тиме лабави везу молекула, док најзад не наступи прелаз у течно стање; ако се довођење топлоте продужи и у овом стању она увећава молекуларно кретање до једног степена где се молекули потпуно одвоје од масе и сами слободно наставе кретање брзином која је за сваки молекул одређена његовом хемиском конституцијом; продужено довођење топлоте још више повећава и ово убрзање молекулима те на тај начин све више удаљује молекуле један од другог.

Но топлота је посебан облик такозване „енергије“; енергија се и овде поново јавља као идентична репулзији.

У појавама статичког електрицитета и магнетизма имамо атракцију и репулзију поларно подељена. Ма која хипотеза да се уважи за *modus operandi* ова два облика кретања, ипак нико неће сумњати у чињеницу, да се атракција и репулзија — у колико су изазване статичким електрицитетом и магнетизмом и уколико се несметано могу развијати — међусобно потпуно компензирају, што већ и из природе поларне поделе неминовно излази. Два пола чије се активности неби потпуно компенzirале неби били потпуни полови, такви до сад у природи нису ни нађени. Галванизам привремено не узимамо у обзир јер је његов процес условљен хемиским радњама па је због тога замршенији. Због тога нам је згодније да проучимо саме хемиске процесе кретања.

Када се два тежинска дела водоника једине са 15,96 тежинских делова кисеоника у водену пару, онда се за време ове радње развија количина топлоте од 68,924 јединица топлоте. Обрнуто, разла-

гање 17,96 тежинских делова водене паре на два тежинска дела водоника и 15,96 тежинских делова кисеоника могуће је једино под условом да се воденој пари дода количина кретања која је једнака са 68,924 јединица топлоте — било у облику саме топлоте или у облику електричног кретања. То исто вреди и за све друге хемиске процесе. У врло великом броју случајева у току једињења одаје се кретање, процесу разлагања опет мора се довести кретање. И овде је репулзија по правилу активна страна процеса која је обдарена кретањем или која тражи довођење кретања, — атракција је пасивна страна процеса која кретање чини сувишним и која одаје кретање. Отуда модерна теорија са своје стране и изјављује да се углавном у процесу једињења елемената ослобађа енергија, у процесу разлагања једињења она се везује. Овде се дакле опет израз енергија употребљава за репулзију. А Хелмолц опет изјављује: „Ову силу (хемиски афинитет) можемо претставити... као **привлачну** силу. Ова привлачна сила између атома угљеника и кисеоника исто онако врши рад као што га у облику теже врши земљино привлачење на подигнуто тело... Кад се угљеникови и кисеоникови атоми узајамно нападну и сједине у угљену киселину, онда се делићи новостворене угљене киселине морају наћи у врло јаком молекуларном кретању, тојест у топлотном кретању... кад ти делићи затим одаду своју топлоту околини онда у угљеној киселини имамо и сав угљеник и сав кисеоник и њихову силу афинитета онако снажну као што је раније била. Али се та сила афинитета изражава још само у томе што чврсто везује једно уз друго атоме угљеника и кисеоника, не допуштајући им да се одвоје” (locо citato 169). Сасвим онако као што смо раније приметили: Хелмхолц настоји на томе да се у хемији као и у механици сила састоји само у атракцији те је дакле потпуна супротност ономе што други физичари зову енергија и што је идентично са репулзијом.

Ми сад дакле немамо више два проста облика атракције и репулзије, него имамо читав низ подоблика у којима се одиграва процес универзалног кретања развијајући се у међусобној супротности атракције и репулзије. Али оно што ове разноврсне облике појава обухвата једним изразом кретање није ни у ком случају априористички захтев нашег разума. Напротив, разноврсни облици сами се испољавају као облици једног истог кретања чињеницом што под извесним околностима прелазе један у други. Механичко кретање масе прелази у топлоту, у електрицитет, у магнетизам, топлота и електрицитет прелазе у хемиско разлагање; хемиско једињење са своје стране развија топлоту и електрицитет, а помоћу овог електрицитета развија магнетична кретања масе. И то се врши на тај начин што једна одређена количина кретања једног облика увек одговара тачно одређеној количини кретања другог облика; у томе је опет свеједно од којег облика кретања је узета јединица мере којом се мери ова количина кретања: да ли она служи за мерење кретања масе, топлоте, такозване електромоторне силе или кретања које се реализује у хемиским процесима.

Ми дакле стојимо на гледишту теорије о „Одржању енергије“ коју је основао\*) Ј. Р. Мајер 1842 и

\*) У популарним предавањима, II, стр. 113, Хелмхолц приписује себи, поред Мајера, Џоула и Колдинга, извесну улогу у јестаственичком доказу Декартовог става о квантитативној непроменљивости кретања. „Ја сам сам, не знајући ништа о Мајеру и Колдингу, а упознат са Џоуловим експериментима тек на крају свога рада, *пошао истим путем*: ја сам се нарочито трудио да испитам све односе између разних физичких процеса, које је требало оценити са наведеног гледишта, и *објавио сам моја истраживања* 1848 у једном малом спису под насловом: „Одржању силе“. — Међутим се у овом спису не налази ништа ново за стање науке у 1847. Ништа ново сем напред поменутог, уосталом врло драгоценог математичког доказа да су „одржање силе“ и централно дејство сила које дејствују између разних тела неког система само два разна израза за исту ствар, и затим тачнијег формулисања закона, да је сума живих сила и напонских сила у једном датом *механичком* систему константна. У

коју су од тада са тако сјајним успехом разрадили научници свих земаља а нама остаје само да проучимо основне појмове којима данас оперише ова теорија. Ти су појмови „сила“ или „енергија“ и „рад“.

Напред је већ показано, да новије, данас већ скоро од свих прихваћено гледиште разуме под енергијом репулзију, док Хелмхолц речи сила у првом реду изражава атракцију. Могло би се помислити да је све ово формална, небитна разлика, пошто се атракција и репулзија у васиони компензирају, и да је према томе свеједно која ће се страна односа узети за позитивну а која за негативну; као што је по себи свеједно да ли се од једне тачке на некој линији позитивне апсцисе броје улево или удесно. Међутим то апсолутно није тако.

Овде се наиме пре свега не ради о универзуму, него о појавама које се дешавају на земљи и условљене су тачно одређеним положајем земље у сунчевом систему и положајем сунчевог система у васиони. Али наш сунчев систем одаје свакога тренутка енормне количине кретања у васиону, и то кретања потпуно одређеног квалитета: сунчеву топлоту, тојест репулзију. А сама наша земља живи једино благодарећи сунчевој топлоти и са своје стране на крају крајева зрачи примљену сунчеву топлоту такође у васионски простор, пошто је ту топлоту преобратила у друге облике кретања. На тај начин дакле добила је атракција у сунчевом систему а нарочито на земљи знатну превагу над репулзијом. Без дозраченог репулзионог кретања које нам сунце зрачи морало би ишчезнути свако кретање на земљи. Када би се сутра сунце охладило остала би, при иначе истим приликама, атракција на земљи оно што је данас. Неки камен од 100 килограма тежио би и пре тога и после тога

---

свему осталом други Мајеров рад из 1845 надмашивао је овај спис Мајер је још 1842 доказао „неразорљивост силе“ и о „односима између различитих физичких процеса“ 1845 рекао са свога новог гледишта много генијалније ствари него Хелмхолц 1847.

100 килограма на месту где лежи. Али кретање, како маса тако и молекула и атома дошло би према нашем схватању у неко апсолутно мировање. Јасно је дакле: за процесе који се дешавају на садашњој земљи никако није свеједно да ли атракцију или репулзију схватимо као активну страну кретања, дакле као „силу“ или „енергију“. На данашњој земљи напротив атракција је већ својом одлучном превагом над репулзијом постала **потпуно пасивна**; за сва активна кретања благодаримо двођењу репулзије од сунца. И отуда је новија школа потпуно у праву са гледишта земаљских процеса па чак и са гледишта целог сунчевог система кад енергију схвата као репулзију — иако је и она нејасна у питању суштине кретања.

Израз „енергија“ никако не изражава тачно целу појаву кретања, јер он обухвата само једну њену страну, обухвата акцију али не и реакцију. Он даје повода да се помисли, да је „енергија“ нешто изван материје, нешто што је у њу унесено. Но у сваком случају треба га претпоставити изразу „сила“.

Сви признају (од Хегела до Хелмхолца) да је појам силе позајмљен од активности човечјег организма у својој околини. Ми говоримо о мишићној сили, о дижућој сили руке, о поскочној сили ноге, о желудачној и цревној сили варења, о осећајној сили нерава, о жлезданој сили лучења итд. Другим речима, да би уштедили навођење стварног узрока једне промене коју је проузроковала нека функција нашег организма подмећемо фиктивни узрок који одговара промени и називамо га сила. Ову удобну методу преносимо затим на спољашњи свет и тако проналазимо онолико сила колико има различитих појава.

У овом наивном стадијуму налазила се јестаственица (изузимајући можда небеску и земаљску механику) још у Хегелово доба и Хегел је с пуним правом нападао тадашњи манир наименовања сила (навести одговарајуће место). Исто тако на другом

месту каже: „Боље је (рећи) магнет има **душу** (као што се изражава Тале) него да магнет има силу привлачења; сила је једна врста особине која је **одељива од материје**, нешто као придев — док је душа само **кретање истоветно са природом саме материје**. (Geschichte der Philosophie I, 208).

Данас не оперишемо са силама лако као онда. Чујмо Хелмхолца: „Ако неки закон природе потпуно разумемо, морамо захтевати и безизузетно признање његове вредности... На тај начин закон нам се приказује као нека објективна снага па га сходно томе зовемо **сила**. Ми напр. објективирамо закон преламања светлости као неку силу преламања светлости провидне супстанце, закон хемиског афинитета као узајамну силу афинитета разних материја. Тако говоримо о електричној контактної сили метала, о атхезионој сили, капиларној сили и многим другим силама. У овим називима објективирани су закони који испрва обухватају само мали низ природних процеса **чији су услови још прилично нејасни...** сила је само објективирани закон дејства.. Апстрактни појам силе који ми истичемо наводи на мисао да ми овај закон нисмо произвољно створили, да је он принудни закон појаве. На тај начин наша тежња, да **разумемо** природне појаве, тј. да пронађемо њихове **законе**, изражава се у другом облику, наиме у том облику да испитујемо **силе** који су узроци појавама.“ (I. с. стр. 189—191 Инсбрушко предавање 1869).

Пре свега у сваком случају је необичан начин „објективирања“ кад се **чисто субјективна** представа силе уноси у неки закон природе који је утврђен као независан од наше субјективности па према томе већ потпуно објективан закон. То себи може допустити у најбољем случају неки ортодоксни старохегелијанац али не и један неокантовац као што је Хелмхолц. Тиме што наместо неког закона ставимо силу не додаје се ни најмања нова објективност ни утврђеном закону, ни његовој објективности, нити објективности његовог дејства;



оно што се додаје то је наше **субјективно тврђење** да тај закон дејствује помоћу неке још потпуно непознате силе. Али се тајанствени смисао овага замењивања разјашњава чим нам Хелмхолц почне да наводи своје примере: преламање светлости, хемиски афинитет, контактни електрицитет и да диже законе који владају овим појавама у „објективни“ племићски сталеж **сила**. „У овим називима објективирани су закони који испрва обухватају само мали низ природних процеса, чији су услови **још прилично нејасни**“. — И баш овде добија неки смисао „објективирање“, које је много више субјективирање: изразу сила прибегавамо не због тога што смо закон потпуно упознали, него баш због тога што ово **није** случај, због тога што нисмо начисто са „прилично нејасним условима“ ових појава. Ми тиме дакле не изражавамо своје знање него **недостатак** знања о суштини закона и начину његовог дејства. У овом случају, као кратак израз неког још непроникнутог каузалног односа, као говорна олакшица, може појам силе послужити у обичној употреби. Ићи преко тога штетно је. Са истим правом, са којим је Хелмхолц објашњавао физикалне појаве неком силом преламања светлости, силом контактнoг електрицитета итд., са истим правом су објашњавали сколастичари Средњег века температурне промене са *vis calorifica* и *vis frigifaciens* и уштедили тиме свако даље испитивање топлотних појава.

Но и у овом смислу поменути израз има своју нетачност. Наиме он све појаве изражава једнострано. Сви појави у природи су двострани, заснивају се на односу најмање два дејствујућа дела, оснивају се на акцији и реакцији. Појам силе међутим, због свог порекла од акције човечјег организма на спољни свет и порекла из земаљске механике укључује мисао, да је само један део појаве активан, дејствен, али да је други део пасиван, прималачки, статутира дакле проширење неке до сада недоказане полне диференцираности на неорганске

егзистенције. Реакција другог дела, на који сила дејствује, овде се показује највише као нешто пасивно, као **отпор**. Истина овај начин схватања допуштен је у низу подручја и изван чисте механике, наиме тамо где се ради о простом пренашању кретања и њиховом квантитативном рачунању. Али већ у замршеним појавама физике није он више довољан што доказују сопствени Хелмхолцови примери. Сила светлосног преламања налази се исто толико у самој светлости колико и у прозачним телима. У појави атхезије и капиларности лежи „сила“ сигурно исто онолико у чврстој површини колико у течности. За контактни електрицитет у сваком случају је сигурно да **оба** метала играју улогу, а сила „хемиског афинитета“ лежи свакако у **оба** дела који се једине. Али једна сила састављена из две посебне силе, дејство које не изазива своје противдејство, него га обухвата и носи у себи самом никако није сила у смислу земаљске механике, једине науке у којој се заиста зна шта сила значи. Јер основни услови земаљске механике јесу прво, избегавати проучавање узрока импулса, тј. суштине сваке силе и друго, схватање о једностраности силе, којој се супротставља на сваком месту стално себи равна тежа, тако да је према сваком простору који прелази неко тело у паду на земљу земљин полупречник раван бесконачности.

Али да видимо даље како Хелмхолц своје „силе“ објективира у законима природе.

У једном предавању 1854 (I. с. стр. 119) разматра он „резерву радне силе“ коју је првобитно имала маглинска лопта из које је постао наш сунчев систем. „Заиста, та лопта је добила нечувено велику резерву радне силе у овом облику опште узајамне привлачне силе свих њених делова“. Ово је несумњиво. Али је исто тако несумњиво и то да се цео овај мираз од теже и гравитације још налази неокрњен у садашњем сунчевом систему; треба одбити незнатни квантум који је изгубљен са материјом можда неповратно избаченом у васионски про-

стор. Даље: „И хемиске силе морале су већ постojати спремне да деjствују; али пошто ове силе могу да ступе у деjство тек при најтешњем додиру разнородних маса, морало је наступити згушњавање пре него што је њихово деjство почело.“ Ако ми као Хелмхолц горе схватимо ове хемиске силе као силе афинитета, дакле као **привлачне**, онда морамо и овде рећи да целокупна сума свих хемиских сила привлачење постоји још несмањена у садашњем сунчевом систему.

Али Хелмхолц на истој страни наводи резултат свога рачунања „да постоји само још отприлике један 454 део првобитне механичке силе као такве“, — наиме у сунчевом систему. Како да се ово усклади? Привлачна сила, уопште као и хемиска, још постоји неокрњена у сунчевом систему. Неки други поуздан извор силе Хелмхолц не наводи. Додуше, према Хелмхолцу, његове силе извршиле су нечувен рад. Али се тиме они нису ни повећале ни смањиле. За сваки молекул у сунчевом систему као и за сам сунчев систем може се рећи оно што је горе речено о часовниковом тегу: „Нити је тег изгубио тежу нити му је она смањена“. За све хемиске елементе вреди оно што вреди и за угљеник и кисеоник које смо раније испитали: целокупна маса свакога елемента још увек је одржана и још, да је „целокупна сила афинитета онако снажна као што је раније била.“ Па шта смо онда изгубили? И каква је „сила“ онда извршила енормни рад који је 453 пута већи од рада који сунчев систем, по Хелмхолцовом рачуну, може још да врши? На то нам Хелмхолц не даје одговор. Али даље он каже:

„Да ли је постојала још нека **резерва силе у облику топлоте**, ми не знамо.“ — Извините. Топлота је репулсивна „сила“ дакле деjствује у правцу који је супротан правцу теже и правцу хемиског афинитета, она је минус ако се тежа и афинитет обележе са плус. Ако је Хелмхолц дакле своју првобитну резерву силе саставио из општег **привлачења** и хемиског **привлачења**, онда би се морала резерва

топлоте која је постојала поред резерве силе не додати првобитној резерви силе него од ње одузети. Иначе би морала сунчева топлота **појачавати** привлачну силу земље кад та топлота — насупротив привлачној сили земље — испарава воду и пару диже у висину; или би топлота усијане гвоздене цеви кроз коју се проводи водена пара морала **појачавати** хемиске афинитет кисеоника и водоника, док га она напротив паралише. Или, да се иста ствар објасни на други начин: узмимо да маглинска лопта пречника  $r$ , дакле запремине  $\frac{4}{3} \pi r^3$  има температуру  $t$ . Узмимо затим да друга маглинска лопта једнаке масе има на вишој температури  $T$  већи пречник  $R$  и запремину  $\frac{4}{3} \pi R^3$ . Очевидно је да ће у другој маглинској лопти атракција, механичка као и физикална и хемиска, тек онда моћи дејствовати истом силом као у првој лопти кад друга лопта спадне са пречника  $R$  на пречник  $r$ , тј. кад израчи у васионски простор топлотну разлику  $T-t$ . Топлија маглинска лопта згуснуће се доцније него хладнија, следствено топлота као сметња згушњавању није плус него минус „резервне силе”. Хелмхолц је дакле направио пресудну рачунску грешку када је претпоставио да је могуће сабрати **атракативне** облике кретања са неком количином **репулзивног** кретања у облику топлоте и тим сабирањем увећати збир атракативних кретања.

Доведимо на исти знак сву ову „резервну силу”, како теориски могућу тако и опитом доказану, да би тиме омогућили сабирање. Како ми данас још нисмо у стању да преобраћамо топлоту тако да место њене репулзије ставимо еквивалентну атракцију, то морамо извршити ово преобраћање у оба облика привлачења. Кад то учинимо ставићемо наместо опште силе привлачења, место хемиске силе афинитета и место топлоте, која је као таква поред њих постојала још у почетку — просто збир репулзивног кретања или збир такозване енергије, што се налазила у гасовитој лопти у тренутку њеног осамостаљења. С тим се слаже и Хелмхолцов рачун

којим је хтео да израчуна „загревање које је морало постати услед хипотетичног првобитног згушњавања планета нашег сунчевог система из расејане маглинске материје“. Сводећи на тај начин целокупну „резерву силе“ на топлоту, на репулзију, омогућио је њено сабирање са хипотетичном „резервом топлотне силе“. После тога рачун је показао да је у васионски простор израчило у облику топлоте  $453/454$  целокупне енергије одн. репулзије која је првобитно постојала у гасној лопти, или тачније речено, да се збир свих атракција у садањем сунчевом систему према збиру свих репулзија у садашњем сунчевом систему има као  $454:1$ . Али у том случају рачун директно противуречи тексту предавања у које је унет као доказ.

Па кад код једног физичара као што је Хелмхолц појам силе ствара такву збрку престава, онда је то најбољи доказ, да је тај појам уопште научно неупотребљив у свим научним гранама које излазе из оквира математичке механике. У механици се узимају узроци кретања као дати те се не испитује њихово порекло већ се само води рачун о њиховом дејству. Када се дакле неки узрок кретања назове силом од тога механика као таква не трпи штету; али захваљујући томе ствара се навика да се овај назив пренесе и у физику, хемију и биологију а онда је конфузија неизбежна. То смо већ видели и видећемо још чешће.

О појму рад у следећем поглављу.

## МЕРА КРЕТАЊА — РАД

„Напротив, ја сам до сада увек налазио да су основни појмови ове области (т. ј. „Основни физички појмови рада и његова непроменљивост“) врло тешко приступачни оним лицима која нису прошла кроз школу математичке механике, поред све њихове ревности, све интелигенције па чак и поред прилично високог нивоа јестаственичког знања. Не треба сметнути с ума да су то апстракције сасвим нарочите врсте. Чак и један мислилац као што је И. Кант није савладао те појмове без тешкоћа, а то се види из његове полемике о том предмету вођене са Лајбницом“. Тако Хелмхолц (*Populäre wissenschaftliche Vorträge*, II, Предговор).

Према томе ми смо се усудили да ступимо у врло опасну област, утолико више што не можемо себи допустити да водимо читаоца „кроз школу математичке механике“. Но показате се можда да тамо где се ради о појмовима дијалектичко мишљење постиже бар онакве резултате до каквих доводи математичко рачунање.

Галилеј је открио, с једне стране, закон падања, по коме су простори који су прешла падајућа тела пропорционални квадратима времена падања. Али је поред тога поставио став који, као што ћемо видети, не одговара потпуно томе закону, наиме да је величина кретања неког тела (његов *impeto* или *momento*) одређена масом и брзином, тако да је величини кретања пропорционална брзини кад је маса константна. Декарт је прихватио овај последњи

став и учинио производ из масе и брзине неког тела у кретању уопште мером његовог кретања.

Већ Игинс је нашао да је у еластичном удару збир производа из масе и квадрата брзине исти пре удара и после удара, и да аналогни закон вреди за разне друге случајеве кретања тела повезаних у један систем.

Лајбниц је први увидео да Декартова мера кретања стоји у супротности са законом падања. С друге стране није се могло порицати да је Декартова мера у многим случајевима тачна. Отуда је Лајбниц поделио силе кретања на живе и мртве. Мртве силе су били „притисци“ или „затезања“ мирујућих тела; за меру тих сила он је узео производ из масе и брзине којом би се кретало тело кад би из стања мировања прешло у стање кретања; насупрот томе, за меру живе силе, правог кретања неког тела, узео је производ из масе и квадрата брзине. Ову нову меру кретања извео је он директно из закона падања. „Иста сила је потребна, расуђује Лајбниц, да подигне неко тело тешко четири фунте на висину од једне стопе и да подигне на висину од четири стопе неко тело тешко једну фунту; али су путеви пропорционални квадрату брзине, јер кад тело пада четири стопе онда оно добије двапут већу брзину од брзине коју добије кад пада једну стопу. Но падањем тела стекну силу толике јачине да је та сила довољна да их поново подигне на висину са које су тела пала; према томе, силе су пропорционалне квадрату брзине.“ (Suter, *Geschichte der Mathematik*, II, стр. 367.)

Али је Лајбниц даље доказао да је мера  $mv$  у супротности са Картезијусовим ставом о константности количине кретања, јер ако би та мера била заиста тачна онда би се сила (тј. количина кретања) у природи стално или увећавала или смањивала. Он је шта више скицирао апарат (1690, *Acta eruditorum*) који би морао, ако је мера  $mv$  тачна, да представља *perpetuum mobile* који стално производи нову силу, што је ипак апсурдно. У но-

вије време Хелмхолц је чешће примењивао ову аргументацију.

Картезијанци су протествовали из све снаге и тада се приметно чувени **дугогодишњи спор**, у коме је учествовао и Кант у свом првом спису (*Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, 1746), иако није јасно разумео суштину питања. Данашњи математичари гледају са приличним презрењем на овај „неплодни“ спор, који се „развлачио преко 40 година и поделио европске математичаре у два непријатељска тора, док најзад није Даламбер својим *Traité de dynamique* (1743) као једном пресудом учинио крај **узалудном вербалном спору**, јер то и није било ништа друго”. (Suter, l. c. стр. 366.)

Поред свега тога изгледа, да се не може свести на узалудан вербални спор спорно питање које је покренуо један Лајбниц против једног Декарта и које је човека као што је Кант толико заинтересовало да му је посветио своје првенче-спис, једну прилично дебелу књигу. И заиста, како ускладити то да кретање има две узајамно противречне мере, од којих је једна пропорционална брзини, а друга квадрату брзине? Сутер је упростио ствар; он каже, обе стране имају право и обе стране немају право; израз „жива сила” одржао се до данас; **сам он не вреди више као мера силе**, него је просто ознака једном примљена за производ из масе и половине квадрата брзине, производ који је врло значајан за маханику. Према томе  $mv$  остаје мера кретања а жива сила је само други израз за  $\frac{mv^2}{2}$ ; додуше за ову формулу нам је речено да је за механику врло значајна али управо тек сад не знамо шта она значи.

У таквој ситуацији узмимо у руке спасоносни *Traité de dynamique* и погледајмо изближе Даламберову „пресуду”; она се налази у **Предговору**. У тексту се, вели он, питање мере кретања нигде не



помиње због *l'inutilité parfaite dont elle est pour la mécanique*<sup>1)</sup>. Ово је потпуно тачно за **чисту математичку** механику у којој су, речи као што смо видели напред код Сутера, само други изрази, имена за алгебарске формуле, имена о којима је најбоље ништа не мислити. Но како се знаменити људи баве том ствари он ће ипак у Предговору да проучи то питање. Под силом тела у покрету може се, ако се правилно мисли, разумети једино њихова способност да савладају препреке или да им се одупру. Дакле силу не треба мерити ни са  $mv$  нити са  $mv^2$  већ једино препрекама и њиховим отпором.

Међутим постоје три врсте препрека: 1<sup>0</sup> несавадиве препреке које потпуно униште кретање и оне већ због тога не долазе овде у обзир; 2<sup>0</sup> препреке чији је отпор тачно толики да заустави кретање и оне то тренутно постижу: случај равнотеже; 3<sup>0</sup> препреке које поступно заустављају кретање: случај успореног кретања. »Or tout le monde convient qu'il y a équilibre entre deux corps, quand les produits de leurs masses par leurs vitesses virtuelles, c'est à dire par les vitesses avec lesquelles ils tendent à se mouvoir, sont égaux de part et d'autre. Donc dans l'équilibre le produit de la masse par la vitesse, ou, ce qui est la même chose, la quantité de mouvement, peut représenter la force. Tout le monde convient aussi que dans le mouvement retardé, le nombre des obstacles vaincus est comme le carré de la vitesse, en sorte qu'un corps qui a fermé un ressort, par exemple, avec une certaine vitesse, pourra, avec une vitesse double, fermer ou tout à la fois, ou successivement, non pas deux, mais quatre ressorts semblables au premier, neuf avec une vitesse triple, et ainsi du reste. D'où les partisans des forces vives (Лајбницисти) concluent que la force des corps qui se meuvent actuellement, est en général comme le produit de la masse par le carré de la vitesse. Au fond, quel inconvénient pourrait-il y avoir, à ce que la mesure des forces fût

1) његове потпуне некорисности за механику.

différente dans l'équilibre et dans le mouvement retardé, puisque, si on veut ne resoner que d'après des idées claires, on doit n'entendre par le mot **force** que l'effet produit en surmontant l'obstacle ou en lui résistant?« (Предговор, стр. 19—20 првог издања).<sup>2)</sup>

Али је Даламбер и сувише философ да не увиди да тако лако не може изићи на крај са противречношћу постојања двоструке мере за једну исту силу. Пошто је дакле у суштини само поновио исто оно што је већ Лајбниц рекао — јер је његов *équilibre* потпуно исто што и Лајбницов „мртви притисак“ — он изненада прелази на страну Картезијанаца и предлаже следећи излаз: производ **mv** може вредети за меру силе и у успореном кретању, »si dans ce dernier cas on mesure la force, non par la quantité absolue des obstacles, mais par la somme des résistances des ces mêmes obstacles. Car on ne saurait douter que cette somme des résistances ne soit proportionnelle à la quantité du mouvement (**mv**), puisque, de l'aveu de tout le monde, la quantité du mouvement que le corps perd à chaque instant, est proportionnelle au produit de

<sup>2)</sup> Заиста сви су сагласни у томе да између два тела постоји равнотежа кад су производи из њихових маса и виртуелних брзина, тојест и брзина којим тела теже да се крећу, једнаки за оба тела. Дакле у равнотежи производ из масе и брзине, или што је иста ствар, количина кретања, може представљати силу. Такође се сви слажу да се у успореном кретању број савладаних препрека има као квадрат брзине, тако да ће једно тело на пример] које је затегло неку опругу једном извесном брзином, моћи двоструком брзином, да затегне или одмах или поступно не две него четири опруге сличне првој, девет са троструком брзином и тако даље. Отуда присталице живих сала (Лајбницисти) закључују да је сила тела у актуелном кретању уопште пропорционална производу из масе и квадрата брзине. У самој ствари, каква би незгода ту могла бити, што је мера силе различита за стање равнотеже и за стање успореног кретања, кад, ако се жели размишљати руководећи се јасним идејама под речи сила треба разумети само ефект добијен у савлађивању препреке или у одупирању њој?

la réesistance par la durée infiniment petite de l'instant, et que la somme de ces produits est évidemment la résistance totale.»<sup>3)</sup> Овај последњи начин рачунања изгледа му најприроднији, »car un obstacle n'est tel qu'en tant qu'il résiste, et c'est, à proprement parler, la somme des résistances qui est l'obstacle vaincu; d'ailleurs, en estimant ainsi la force, on a l'avantage d'avoir pour l'équilibre et pour le mouvement retardé une mesure commune.«<sup>4)</sup> Ипак свако има право да мисли како хоће. И пошто је, што и сам Сутер примећује, поверовао да је математичким триком решио питање, закључује своје излагање нељубазним примедбама на рачун конфузије која је владала међу његовим претходницима, и тврди да је после горњих примедба могућа још само потпуно празна метафзичка дискусија или неки још недостојнији вербални спор.

Даламберов помирљив предлог излази из овог рачуна:

Маса 1 са брзином 1 затеже 1 опругу за јединицу времена.

Маса 1 са брзином 2 затеже 4 опруге, али за то захтева 2 јединице времена, дакле за јединицу времена затеже 2 опруге.

Маса 1 са брзином 3 затеже 9 опруга за три временске јединице, дакле за јединицу времена затеже само 3 опруге.

То значи да кад дејство поделимо са временом употребљеним за њега опет спадамо са  $mv^2$  на  $mv$ .

<sup>3)</sup> Ако се у овом последњем случају сила мери не апсолутном количином сметњи, већ збиром отпора ових истих сметњи. Јер не треба сумњати да овај збир отпора није пропорционалан количини кретања ( $mv$ ), пошто је, по признању свих, количина кретања коју тело губи сваког тренутка, пропорционална производу из отпора и бескрајно ситног делића времена, и да је збир ових производа очигледно раван целокупном отпору.

<sup>4)</sup> „Јер нека сметња је сметња уколико даје отпор, а тачније речено, збир отпора и јесте савладана сметња; уосталом, кад се тако схвати сила стиче се та предност што се има за једничка мера за равнотажу и за успорено кретање.“

Тај исти аргуменат употребио је раније Кателан против Лајбница: једно тело са брзином 2 заиста се диже насупрот тежи на висину четири пута већу него тело са брзином 1; али му је за то потребно и двоструко време; према томе количину кретања треба поделити са временом = 2, а не = 4. Чудновато да је ово и Сутерово гледиште, који је изразу „жива сила“ одузео сваки логички смисао а оставио му једино математички смисао. Ово је уосталом и природно. Сутеру је стало да спасе формулу  $mv$  у њеном значењу једине мере количине кретања и зато се  $mv^2$  приноси на логичку жртву да би преобразено васкрсло на небу математике.

Но у сваком случају тачно је ово: Кателанова аргументација чини један од мостова који везују  $mv$  са  $mv^2$  и тиме је значајна.

Механичари после Даламбера не усвајају никако његову пресуду, јер је његова крајња пресуда била у корист  $mv$  као мере кретања. Они су се придржавали његовог мишљења о Лајбницевој подели сила на мртве и живе силе: за равнотежу, тј. у статистици, вреди  $mv$ ; за успорено кретање, тј. у динамици, вреди  $mv^2$ . Иако је у главним цртама тачно, ипак ово разликовање у овом облику нема више смисла него што га има позната подофицирска пресуда: у служби увек мени, ван службе увек мене. То разликовање се ћутећи усваја: оно постоји и ми га не можемо изменити, а ако се у тој двострукој мери налази противречност, шта ми ту можемо?

Тако на пример Thomson and Tait, *A Treatise Natural Philosophy*, Oxford 1867, стр. 162: »The **quantity of motion** or the **momentum** of a rigid body moving without rotation is proportional to its mass and velocity conjointly. Double mass or double velocity would correspond to double quantity of motion.«<sup>5)</sup>

А одмах затим:

<sup>5)</sup> Количина кретања или *момент* чврстог тела које се креће без ротације, пропорционална је производу из његове масе и брзине. Двострука маса или двострука брзина одговараће двострукој количини кретања.

The **vis viva** or **kinetic energy** of a moving body is proportional to the mass and the square of the velocity conjointly.«<sup>6)</sup>

У овако потпуно неотесаном облику стављене су једна поред друге обе противречне мере кретања. Ни најмањи покушај није начињен да се разјасни противречност или бар да се забашури. У књизи ове двојице Скота мишљење је забрањено, довољно је само рачунати. Није никакво чудо онда што се један од њих, Тет, сматра за најправовернијег хришћанина ортодоксне Шкотске.

У Кирххофљевим предавањима из математичке механике формуле  $mv$  и  $mv^2$  никако се не јављају у овом облику.

Можда ће нам помоћи Хелмхолц. У Одржању силе он предлаже да се жива сила изрази са  $\frac{mv^2}{2}$ ; на ово ћемо се још вратити. Затим он укратко набраја стр. 20 и даље случајеве, у којима је принцип одржања живе силе (дакле  $\frac{mv^2}{2}$ ) до сада већ примењен и признат. Ту спада под бр. 2: „Преношење кретања кроз инкомпресибилна чврста и течна тела уколико се ту не дешава трење или удар нееластичне материје. Наш општи принцип за овај случај изражава се у правилу, да неко кретање појачано и промењено механичким машинама стално губи у интензитету силе онолико колико убрзањем добија. Ако дакле замислимо да се неком машином, у којој се којим било процесом равномерно производи радна сила, тежина  $m$  подиже брзином  $c$ , онда ће се неким другим механичким постројењем тежина  $nm$  подићи само са брзином  $\frac{c}{n}$ , тако да се у оба случаја са  $mgc$  може изразити количина машином произведеног рада, где  $g$  представља јачину земљине теже.“

Дакле и овде противречност да неки „интензитет

<sup>6)</sup> „Vis viva или кинешичка енергија тела које се креће пропорционална је производу из његове масе и квадрата брзине“

силе" који се смањује и увећава пропорционално брзини, треба да служи за доказ одржања неког интензитета силе који опада и расте пропорционално квадрату брзине.

У сваком случају овде се показује да  $mv$  и  $mv^2$  одређују два потпуно различита процеса; но ми смо то одавно знали, јер  $mv^2$  не може бити  $= mv$  сем ако је  $v = 1$ . Међутим се ради о томе да ми себи објаснимо зашто кретање има двојаку меру, што није дозвољено у науци исто онако као и у трговини. Покушајмо да то постигнемо на други начин.

Са  $mv$  се мери дакле „кретање појачано и промењено механичким машинама“; ова мера вреди и за полугу и све њене изведене облике, котурове, завртње итд. Али се успоставило врло простим и ни пошто новим размишљањем, да уколико овде вреди  $mv$ , и  $mv^2$  има своју вредност. Узмимо коју било механичку направу у којој се оба полужна крака имају као 4:1, у којој дакле терет од 1 кгр држи равнотежу терету од 4 кгр. Једним сасвим незнатним додатком силе на једном краку полуге дижемо 1 кгр на 20 метара; исти додаток силе само сад на другом полужном краку диже 4 кгр на 5 метара при томе се тежи терет спусти за исто време за које се мањи терет попне. Масе и брзине имају се овде обрнуто пропорционално:  $mv$ ,  $1 \times 20 = m' v'$ ,  $4 \times 5$ . Пустимо сад да сваки од два терета, пошто је дигнут, слободно падне на полазну раван, онда ће један од њих, 1 кгр, постићи пошто пређе простор падања од 20 метара (овде је убрзање теже узето за  $= 10$  м. округло, наместо 9,81 м.) брзину од 20 метара; други од њих, 4 кгр, напротив пошто пређе простор падања од 5 м. постиже брзину од 10 м.

$$\begin{aligned} mv^2 &= 1 \times 20 \times 20 = 400 = m' v'^2 = \\ &= 4 \times 10 \times 10 = 400. \end{aligned}$$

Обрнуто, времена падања су различита: 4 кгр пређу својих 5 м. у 1 секунду, 1 кгр својих 20 м. у 2 секунда. Разуме се да су овде трење и отпор ваздуха занемарени.

Али пошто је свако од оба тела пало са своје висине, ишчезло је његово кретање. Овде се дакле  $mv$  показује као мера просто преношљивог дакле трајног механичког кретања,  $mv^2$  се испољава као мера тренутног механичког кретања.

Даље. У удару потпуно еластичних тела вреди то исто: сума  $mv$  и сума  $mv^2$  је и пре и после удара непромењена. Обе мере имају овде исту вредност.

Није тако са ударом нееластичних тела. За тај случај нас уче обични основни уџбеници, (висока механика скоро се и не занима таквим маленкостима) да је и овде пре и после удара сума  $mv$  такође иста. Напротив, дешава се губитак у живој сили, јер ако се сума  $mv^2$  после удара одузме од њихове суме пре удара, онда остаје један остатак позитиван под свим околностима; за овај износ (или његову половину), већ према начину схватања) смањена је жива сила услед узајамног продирања као и промењеног облика сударених тела. — Ово последње је јасно и очигледно. Није тако очевидно прво тврђење, да сума  $mv$  остаје иста пре и после удара. Жива сила је, упркос Сутеру, кретање, и кад се један део од ње изгуби, онда се губи и кретање. Према томе или  $mv$  не изражава тачно овде количину кретања или је горње тврђење погрешно. Уопште је сва та теорема наслеђе из времена, у коме се није ни слутило о преобраћању кретања, кад се дакле ишчезавање механичког кретања признавало само онде где се то није могло избећи. Тако је овде једнакост суме  $mv$  и после удара доказана на основу тога што нигде није запажено смањење или повећање те суме. Али ако тела одају живу силу због унутрашњег трења које одговара њиховој нееластичности, онда она одају и своју брзину, те сума  $mv$  мора после удара бити мања него пре њега. Јер ипак је нелогично занемарити унутарње трење у израчунавању  $mv$ , кад се оно у рачунању  $mv^2$  сасвим одређено узима у обзир.

Међутим ово ништа не смета. Чак ако и прихватимо ту теорему и рачунамо брзину полазећи од претпоставке да је сума  $mv$  остала непромењена, чак

и у том случају налазимо оно опадање  $mv^2$ . На тај начин овде  $mv$  и  $mv^2$  долазе у сукоб и то за разлику стварно ишчезлог механичког кретања. И сам рачун доказује да сума  $mv^2$  тачно изражава количину кретања, а сума  $mv$  је нетачно изражава.

Такви су отприлике сви случајеви у којима се у механици примењује  $mv$ . Да погледамо сад неколико случајева у којима се примењује  $mv^2$ .

Кад се испали топовско зрно, онда оно својим путем исцрпљује количину кретања која је пропорционална  $mv^2$  независно од тога да ли оно удари у неки чврст циљ или доспе у стање мировања услед ваздушног отпора и теже. Кад један жељезнички воз налети на неки други путнички воз који стоји, онда су сила којом се ово врши и њој одговарајуће ломљење пропорционални своме  $mv^2$ . Исто тако вреди  $mv^2$  у израчунавању сваке механичке силе потребне за савлађивање неког отпора.

Али шта управо значи тај удобан и међу механичарима толико распрострањен израз: савлађивање неког отпора.

Кад ми дизањем неког терета савладамо отпор теже, онда у томе ишчезава извесна количина кретања, извесна количина механичке силе, која је једнака оној њеној количини, која се може произвести директним или индиректним падањем подигнутог терета са постигнуте висне на полазну раван доле. Та количина кретања мери се половином производа из масе и крајње брзине постигнуте падањем,  $\frac{mv^2}{2}$  Шта

се дакле десило у дизању терета? Ишчезло је механичко кретање или сила као таква. Али се оно није претворило у ништа: оно је преобраћено у механичку напонску силу, да употребимо Хелмхолцов израз; у потенцијалну енергију, како то нови теоретичари зову; у ергал, како то Клаузиус назива и оно се може сваког тренутка на сваки механички изводљив начин поново претворити у исту количну механичког кретања, које је било потребно за његово произвођење. По-



тенцијална енергија је само негативни израз за живу силу, и обрнуто.

Једно топовско зрно од 24 фунте удари брзином од 400 метара у секунди у гвоздени зид од једног метра дебљине неке оклопњаче и под овим околностима не изазове никакво видљиво дејство на оклопу.

Ишчезло је механичко кретање,  $\frac{mv^2}{2}$ , које је износило, пошто су 24 царинске фунте = 12 кгр. =  $12 \times 400 \times 400 \times \frac{1}{2} = 960.000$  метаркилограма. Шта се десило са том количином кретања? Један мањи део тог кретања преобраћен је у потрес и молекуларну промену гвозденог оклопа. Други део кретања утрошен је на распрскавање зрна у безбројне комаде. Највећи део пак преобраћен је у топлоту и запрејао зрно до усијања. Кад су Пруси у прелазу на Алсен 1864 употребили своје тешке батерије против оклопљених зидова Ролф Краке видели су да при сваком поготку у мраку засветли нагло усијано зрно, а Витворт је још раније опитом доказао да експлозивним зрнима за оклопљене бродове није потребан упаљач; усијани метал сам запали експлозивни набој. Ако се узме да је механички еквивалент топлотне јединице 424 метаркилограма, онда горњој количини механичког кретања одговара количина топлоте од 2264 топлотне јединице. Специфична топлота гвожђа је = 0,1140, што значи, да је она количина топлоте која 1 кгр воде запреје за  $1^{\circ}$  С. (што се узима за јединицу топлоте) кадра да повиси количини гвожђа од  $\frac{1}{0,1140} = 8,772$  кгр гвожђа температуру

за  $1^{\circ}$  С. Горње 2264 топлотне јединице подижу дакле температуру 1 кгр гвожђа за  $8,772 \times 2264 = 19.860^{\circ}$  или 19860 кгр гвожђа за  $1^{\circ}$  С. Пошто се ова количина топлоте дели једнако на оклоп и метак, запрејаће се метак за  $\frac{19860^{\circ}}{2 \times 12} = 828^{\circ}$ , што већ даје лепо усијање.

Али пошто предњи пробојни део свакако прими много већи део загревавања, скоро двапута више него

задња половина, то се предњи део загреје на  $1104^{\circ}$  а задњи на  $552^{\circ}$ , што је потпуно довољно за објашњење ефекта усијања, чак ако извршимо још и јак одбитак у корист стварно извршеног механичког рада при удару.

У трењу такође ишчезава механичко кретање, да би се као топлота поново појавило; максимално прецизним мерењем оба одговарајућа процеса успело је као што је познато, Џоулу у Манчестру и Колдингу у Копенхагену да први пут експериментално приближно утврде механички еквивалент топлоте.

То исто се дешава у произвођењу електричне струје неком електромагнетском машином помоћу механичке силе напр. једне парне машине. У једном одређеном времену произведена количина тзв. електромоторне силе је пропорционална и, ако је изражена истом мером, једнако количини механичког кретања употребљеног за исто време. Ми можемо замислити да се ова електрична струја производи уместо парном машином падајућим теретом који је потчињен дејству земљине теже. Механичка сила коју производи овај терет мери се живом силом, коју би терет имао кад би са исте висине слободно падао, или пак силом која је потребна да га поново попне на првобитну висину, тојест, у оба случаја се мери са  $mv^2$ .

2

На основу тога ми налазимо да механичко кретање додуше има двојаку меру, али нас то и убеђује да свака од ове две мере вреди за потпуно одређен низ појава. Ако се већ постојеће механичко кретање преноси тако да се одржава као механичко кретање, онда се оно преноси према формули: производ из масе и брзине. Ако се механичко кретање преноси тако да ишчезне као механичко кретање а да се поново јави у облику потенцијалне енергије, топлоте, електрицитета итд. једном речи да се преобрати у неки други облик кретања, онда је количина овог новог облика кретања пропорционална производу из почетно покренуте масе и квадрата брзине. Једном

речи,  $mv$  је механичко кретање мерено механичким кретањем;  $\frac{mv^2}{2}$  је механичко кретање мерено својом способношћу да се преобрати у једну одређену количину неког другог облика кретања. Видели смо да обе ове мере иако различите ипак не противрече једна другој.

На тај начин се успоставило да спор између Лајбница и Картезијанаца никако није био голи вербални спор и да Даламберова пресуда уствари није ништа пресудила. Даламбер је могао да се поштеди од својих тирада о неразумљивости својих претходника, јер је он исто толико нејасан као и они. И у ствари, доклегод се није знало шта бива са привидно уништеним кретањем, то питање је морало бити нејасно. И доклегод математички механичари, као што је Сутер, упорно остају сметени између четири зида своје специјалне науке, дотле ће остати они нејасни као Даламбер и мораће да нас заваревају празним и контрадикторним фразама.

Како изражава модерна механика ово преобраћање механичког кретања у неки други облик кретања који је квантитативно пропорционалан првом облику кретања? — То кретање је **извршило рад** кажу механичари, и то толику и толику количину рада.

Али тиме није исцрпен појам рада у физичком смислу. Кад се, као у парној или калоричној машини преобрати топлота у механичко кретање, дакле молекуларно кретање у масено кретање, кад топлота разлаже неко хемиско једињење, кад се она у термоелектричном стубу преобрати у електрицитет, кад електрична струја издваја из разблажене сумпорне киселине елементе воде, или обрнуто кад кретање (alias енергија) ослобођено у хемиском процесу галванског елемента прими облик електрицитета, а овај се опет у затвореном кругу преобраћа у топлоту — онда у свим овим процесима облик кретања који отпочиње процес и који се благодарећи процесу претвара у други облик, врши рад, и то толику количину

рада која је пропорционална почетном облику кретања.

Рад је дакле промена облика кретања, посматрано са његове квантитативне стране.

Али како? Кад један подигнут тег мирно виси, да ли је његова потенцијална енергија, за време мировања, такође неки облик кретања? Разуме се. Чак је Тејт дошао до убеђења, да се потенцијална енергија најзад раствара у неки облик актуелног кретања. (Nature [XIV, 459]). Кирхоф иде још много даље, кад каже (Mathematische Mechanik, стр. 32): „Мировање је један специјалан случај кретања“ и тиме доказује да он не само уме да рачуна него уме и дијалектички да мисли.

Појам рада, за који нам је речено да је тешко схватљив без математичке механике, добили смо сасвим узгред, без икаквог напора из проучавања обе мере механичког кретања. А у сваком случају ми сад знамо више о њему него што смо сазнали из Хелмхолцовог рада „О одржању силе“ из 1862, у коме је он баш намеравао „да што јасније изложи основне физичке појмове рада и његову непроменљивост“. Све што смо ми тамо сазнали о раду, јесте то, да је он нешто што се изражава у фусфунтама, или у топлотним јединицама, и да је број ових фусфунти или топлотних јединица непроменљив за једну одређену количину рада. Даље, да сем механичких сила и топлоте могу и хемиске и електричне силе да врше рад, али да све ове силе исцрпљују своју радну способност сразмерно произведеном раду. И да из тога следује: да сума радно способних количина сила у целој природи остаје вечито и непроменљиво иста у свим променама које се у природи врше. Појам рада нити је развијен нити је рад дефинисан.\*) И баш кван-

\*) Нећемо доћи до бољих резултата ни ако консултујемо Клерк Максвела. Овај каже (Theory of Heat, 4th ed., London, 1875) на стр. 87: Work is done when resistance is overcome<sup>7)</sup> и на стр. 183: The energy of a body is its capacity for doing work<sup>8)</sup>. То је све што код њега сазнајемо о раду.

7) Рад се ствара кад се савлађује отпор.

8) Енергија неког тела је његова способност да врши рад.

титативна непроменљивост величине рада је та која скрива од њега сазнање, да је квалитативна промена, промена облика, основни услов свег физичког рада. Отуда је Хелмхолц и дошао до оваквог тврђења: „Трење и нееластични удар су процеси у којима се **механички рад ништи** а у замену се производи топлота”. (Populäre Vorträge II, стр. 166). Сасвим супротно. Овде се не **уништава** механички рад, овде се **ствара** механички рад. Механичко **кретање** је то које се **привидно** уништава. Али механичко кретање **не може** никад и нигде извршити рад ни за један милионити део метаркилограма, а да као такво не буде привидно уништено, а да се не преобрати у неки други облик кретања.

Радна способност која лежи у некој одређеној количини механичког кретања зове се, као што смо видели, његова жива сила и до недавна мерена је са  $mv^2$ . Али се овде појавила нова противречност. Чујмо Хелмхолца (Erhaltung der Kraft, 9). Овде се вели да се величина рада изражава тежином  $m$  подигнутом на висину  $h$ , и онда ако се тежа изрази са  $g$ , величина рада је  $= mgh$ . Да би се  $m$  вертикално попело на висину  $h$  потребна је брзина  $v = \sqrt{2gh}$ , брзина коју оно поново стиче падањем. Дакле  $mgh$  је  $= \frac{mv^2}{2}$ , и Хелмхолц предлаже „да се величина  $\frac{mv^2}{2}$  узме за квантитет живе силе, чиме ће се она идентификовати са мером величине рада. За досадашњу примену појма живе силе ... ова промена је без значаја, али у будуће биће нам битно погоднија“.

Просто човек да не верује. Хелмхолц је 1847 тако мало био начисто о узајамном односу живе силе и рада, да није ни опазио, како је претворио раније пропорционалну меру живе силе у апсолутну меру, и потпуно је несвесан како је значајно откриће учинио својим смелим гестом јер је  $\frac{mv^2}{2}$  претпоставио

вио  $mv^2$  само из обзира према угодности! И из тих обзира према угодности механичари су дали формули  $\frac{mv^2}{2}$  право грађанства. Сасвим поступно је формула  $\frac{mv^2}{2}$  и математички доказана; алгебарски доказ налази се код Наумана, Allgemeine Chemie, стр. 7, аналитички доказ код Клаузијуса, Mechanische Wärmetheorie, 2. Aufl. I, стр. 18, који је Кирххоф I. с. стр. 27 другаче извео и уобличио.

Лепо алгебарско извођење  $\frac{mv^2}{2}$  из  $mv$  даје Клерк Максвел I. с. стр. 88. Али обојица наших Скота, Томсону и Тејту, не смета да кажу (I. с. стр. 163): »The vis viva or kinetic energy of a moving body is proportional to the mass and the square of the velocity conjointly. If we adopt the same units of mass as before (наиме unit of mass moving with unit velocity) there is a **particular advantage** in defining kinetic energy as **half** the product of the mass and the square of the velocity.«<sup>9)</sup> Овде је оба прва механичара Шкотске издало не само мишљење него и рачунско знање. Particular advantage, удобност формуле постаје пресудни аргуменат.

За нас, који смо видели, да жива сила није ништа друго него моћ неке дане количине механичког кретања да врши рад, за нас је по себи разумљиво да морају бити међусобно једнаки механички израз за меру ове моћи и рад који је извршила ова радна моћ и слествено да, ако  $\frac{mv^2}{2}$  мери рад онда то исто  $\frac{mv^2}{2}$  мора мерити и живу силу. Но у науци то тако иде. Теоретска механика долази на појам живе силе,

<sup>9)</sup> „Vis viva или кинетичка енергија тела у покрету пропорционална је производу из његове масе и квадрата брзине. Ако узмемо оне исте јединице масе као горе (наиме јединица масе која се креће јединицом брзине) онда је *сасвим удобно* одредити кинетичку енергију као половину производа из масе и квадрата брзине.“

практична инжењерска механика долази на појам рада и намеће га теоретичарима. Али је навика да рачунају толико одвикла теоретичаре да мисле, да годинама нису запазили однос та два појма него су један од њих мерили са  $mv^2$ , други са  $\frac{mv^2}{2}$  а најзад су усвојили  $\frac{mv^2}{2}$  за меру оба та појма али не због тога што су схватили суштину ствари него због упрошћеног рачунања.\*)

\*) Реч рад и појам који јој одговара потичу од енглеских инжењера. Али се у енглеском језику практичан рад каже work а рад у смислу економије каже се labour. Отуда се и физички рад означава са work, те је искључено свако бркање са радом у економском смислу. У немачком језику ово није случај те су због тога у новој псеудонаучној литератури постале могуће разне чудовате примене рада у физичком значењу на економске односе, и обрнуто. Али ми имамо и реч Werk која је сасвим погодна за ознаку физичког рада као што је то енглечка реч work. Но пошто је економија сувише туђа нашим природњацима, тешко да ће се одважити да уведу реч Werk наместо већ уведене речи Arbeit — а ако се и одлуче биће то доцкан. Само је Клаузијус покушао да поред израза Arbeit сачува израз Werk

## ТОПЛОТА

Видели смо да постоје два облика у којима ишче-  
зава механичко кретање, жива сила. Први облик је  
преобраћање механичког кретања у механичку потен-  
цијалну енергију, на пример подизањем неког терета.  
Овај облик има не само особину да се поново прет-  
вори у механичко кретање и то механичко кретање  
које има исту живу силу као и првобитно кретање,  
него и ту особину да је он способан само за ту про-  
мену облика. Механичка потенцијална енергија никад  
не може створити топлоту или електрицитет ако прет-  
ходно не пређе у истинско механичко кретање. Овај  
облик је „повратни процес“, да употребимо Клаузи-  
јусов израз.

Други облик ишчезавања механичког кретања де-  
шава се у трењу и удару, — који се међусобно ра-  
зликују само степеном. Трење се може узети као низ  
малих удара који се врше један поред другог и један  
за другим, удар се може схватити као трење концен-  
тровано у једном тренутку времена и на једном ме-  
сту. Механичко кретање које овде ишчезава, ишче-  
зава **као такво**. Оно се не може поново успоставити  
само из себе. Процес није непосредно повратан. Он  
се претворио у квалитативно другаче облике кре-  
тања, у топлоту, у електрицитет — у облике молеку-  
ларног кретања.

Трење и удар дакле чине прелаз од масеног кре-  
тања, предмета механике, ка молекуларном кретању,  
предмета физике.

Кад смо ми физику назвали механиком молеку-



ларног кретања, нисмо превидели да овај израз никако не обухвата целокупно подручје данашње физике. Напротив. Етарска трептања, која преносе светлосне појаве и зрачну топлоту, сигурно нису молекуларна кретања у данашњем смислу речи. Али се њихова земаљска дејства тичу у првом реду молекула: преламање светлости, поларизација светлости итд. условљени су молекуларном конституцијом орговарајућих тела. Исто тако данас скоро сви значајнији истраживачи сматрају електрицитет као кретање етарских делића, а за топлоту Клаузиус чак каже, да у „кретању пондерабилних атома (наместо тога боље би било ставити молекуле) ... може учествовати и етар који се налази у телу“ (Die Mechanische Wärmetheorie, I стр. 28). Али у електричним и топлотним појавама поново долази у обзир у првом реду молекуларно кретање, а ово и не може другаче бити доклегод је наше знање о етру овако дефектно. Но кад будемо толико напредовали да можемо изградити механику етра онда ће она обухватити много шта што данас по нужди спада у физику.

О физичким процесима у којима се структура молекула мења или се потпуно уништава биће доцније говора. Они чине прелаз од физике ка хемији.

Тек са молекуларним кретањем стиче промена облика кретања своју пуну слободу. Док на граници механике масено кретање може узети друге облике само појединачно: топлоту или електрицитет, овде видимо потпуно другу разноврсност промене облика: топлота у термоелементу прелази у електрицитет, на извесном степену зрачења постаје идентична светлости, поново производи механичко кретање; електрицитет и магнетизам, сличан рођачки пар топлоти и светлости, претварају се не само један у други него и у топлоту и светлост а такође и у механичко кретање. И то по тако одређеним масеним односима, да можемо једну дату количину сваког од тих облика енергије изразити неким другим обликом, метаркилограмима, то-

плотним јединицама, волтима, а сваку од ових мера можемо превести у неку другу.

Практични проналазак преобраћања механичког кретања у топлоту толико је стар, да се од њега може рачунати почетак људске историје. Маколико били крупни проналасци који су му претходили, проналазак алата, припитомљење животиња, ипак тек ватра произведена трењем била је та која је првипут потчинила људима неорганску природну силу. А колико се снажно утиснуо у људско сећање готово неизмеран значај овог џиновског напретка, показује још данас народно сујеверје. Проналазак каменог ножа, првог алата, слављен је још дуго после увођења у употребу бронзе и гвожђа, јер су све религиозне жртвене радње вршене каменим ножевима. По јеврејском предању Исус Навин каменим ножем обрезавао је мушкарце рођене у пустињи; Келти и Германи употребљавали су само камене ножеве кад су људе приносили на жртву. Све је то одавно заборављено. Другачије је са ватром произведеном трењем. Још дуго после тога кад су људи знали за друге врсте произвођења ватре, морале су се све свете ватре код већине народа палити трењем. До данашњег дана постоји народна празноверица у већини европских земаља да ватра за лечење (напр. наша немачка ватра против сточног помора) сме бити запаљена само трењем. Тако да се још и данас полунесвесно одржава у народном празноверју, у остацима паганско-митолошких успомена најобразованијих народа света захвално сећање на прву велику победу људи над природом.

Међутим је процес произвођења ватре трењем још једностран. Ту је механичко кретање претворено у топлоту. Да се процес употпуни мора се топлота обратно претворити у механичко кретање. Тек тада је задовољена дијалектика процеса, и процес се затвара у круг — бар за прво време. Али историја има свој сопствени темпо кретања и маколико дијалектички текло ово кретање ипак дијалектика мора често

дуго да чека на историју. Вероватно је прошло хиљадама година од открића ватре произведене трењем, док је Херон Александријски (око 120 год. пре Хр.) пронашао машину коју је ротационо покретала водена пара која је из ње струјала. И поново је протекло скоро две хиљаде година док је начињена прва парна машина, прва направа за претварање топлоте у заиста употребљиво механичко кретање.

Парна машина је била први интернационални проналазак, и ова чињеница са своје стране доказује један снажан историски напредак. Француз Папин пронашао је парну машину али у Немачкој. Немац Лајбниц, који је као увек расипао око себе генијалне идеје не обзирајући се на то да ли ће се заслуга за то приписати њему или другима, — Лајбниц, ми то данас из Папинове преписке знамо (Герландово издање) дао му је главну идеју за то: примену цилиндра и клипа. Енглези Севери и Њукомен пронашли су убрзо затим сличне машине; њихов земљак Уат најзад увођењем одвојеног кондензатора довео је парну машину у принципу на данашњи облик. Круг проналазака био је завршен на овом подручју: постигнуто је претварање топлоте у механичко кретање. Што је затим учињено била су само побољшања детаља.

Пракса је дакле на свој начин решила питање односа између механичког кретања и топлоте. Она је најпре претворила прво у друго а затим друго у прво. Но какву је улогу одиграла у томе теорија?

Доста жалосну. Иако су баш у Седамнаестом и Осамнаестом веку безбројни путописи просто киптели описима дивљих народа који сем трења нису знали никакав други начин паљења ватре, ипак се физичари скоро потпуно нису интересовали тиме; исто тако су у целом Осамнаестом веку и првој половини Деветнаестог века остали равнодушни према парној машини. У већини задовољавали су се тиме да просто региструју чињенице.

Најзад двадесетих година прихвати се тога посла Сади Карно и то тако спретно, да су његове матема-

тичке формуле, којима је затим Клајпејрон дао геометриски облик, сачувале значај до данашњих дана, па су их Клаузијус и Клерк Максвел искористили у својим радовима. Карно је продро скоро до основе ствари, а оно што му је сметало да потпуно разјасни питање то није била оскудица у чињеничком материјалу, него једино — унапред створена **погрешна теорија**. И то погрешна теорија, на коју физичаре није принудила нека зловна философија него философија коју су они сами измудровали помоћу свог сопственог натуралистичког метода мишљења а који толико надмашује метафизичко-философски метод.

У Седамнаестом столећу сматрана је, бар у Енглеској, топлота за својство тела, за „кретање нарочите врсте (a motion of a particular kind, the nature of which has never been explained in a satisfactory manner).<sup>10)</sup> Тако назива топлоту Т. Томсон две године пре открића механичке теорије топлоте (*Outline of the Sciences of Heat and Electricity*, 2nd ed., London, 1840). Али у Осамнаестом веку све више и више се гурало у предњи ред схватање, да је топлота као и светлост, електрицитет, магнетизам, нарочита материја, а све ове нарочите материје разликују се од обичне материје тиме што немају тежину, што су импондерибилне.

---

<sup>10)</sup> кретање нарочите врсте, чија суштина није никад била довољно објашњена.

## ЕЛЕКТРИЦИТЕТ\*)

Као и топлота, само на други начин, електрицитет је свуда присутан. Не дешава се скоро ни једна промена на земљи а да је не прати нека електрична појава. Кад се испарава вода, кад гори пламен, кад се додирују два разна метала или два различита загрејана метала или гвожђе и раствор бакарсулфата итд. увек се ту поред видљивих физичких или хемиских процеса врше и електрични процеси. Што тачније испитујемо најразноврсније природне појаве утолико више наилазимо ту на трагове електрицитета. Али упркос ове његове присутности свуда, поред чињенице да се електрицитет скоро пола века све више ставља у индустријску службу човека, он је онај облик кретања о чијој суштини још влада највећа нејасност. Проналазак галванске струје извршен је око 25 година доцније од проналаска кисеоника а имао је за науку о електрицитету најмање онолики значај колики је значај имао проназак кисеоника за хемију. Па ипак, колика је разлика још и данас између обе те научне области. Благодарети нарочито Делтоновом открићу атомских тежина у хемији ред, релативна сигурност постигнутих резултата, систематски, скоро плански напад на још неосвојен предео, сличан правилном опседању неке тврђаве. У науци о електри-

---

\*) Чињенице употребљене у овом поглављу узете су претежно из Видмановог дела *Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus*, 2 Bde in 3 Abt., 2 Auflage, Braunschweig 1847.

У *Nature* од 15 јуна 1882 указује се на ово *admirable treatise which in its forthcoming shape, with electrostatics added, will be the greatest experimental treatise on electricity in existence.*<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> значајно дело, које је у новом издању, са прилогом о електростатици, најзначајније од постојећих експерименталних дела из електрицитета.

цитету хаотичан баласт од старих, несигурних експеримената који нису ни дефинитивно потврђени нити коначно оборени; једно несигурно тумарање по мраку, неповезано истраживање и експериментисање многих појединаца који неуређено нападају непознато подручје, као буљук номадских коњаника. Но у суштини на подручју електрицитета треба још извршити откриће, слично Далтоновом открићу, које ће целој науци дати средиште а истраживању чврсту основу. Ово несређено стање науке о електрицитету за сада онемогућује стварање опште теорије али омогућује да на овом подручју влада једнострано емпиризам, онај емпиризам који самом себи што је могуће више забрањује да мисли и који баш због тога, не само да неисправно мисли него није у стању ни да тачно прати чињенице нити да их верно излаже, који се дакле претворио у нешто што је супротно истинском емпиризму.

Оној господи природњацима који не могу довољно да прекоре бесмислене априористичке спекулације немачке натурфилософије, уопште би требало препоручити да читају списе о теоретској физици емпиричке школе, и то не само она дела која су савременици радова натурфилософа него баш и доцније написана дела; то се нарочито односи на науку о електрицитету. Узмимо један спис из 1840: *An Outline of the Sciences of Heat and Electricity by Thomas Thomson*. Стари Томсон био је у своје време ауторитет; поред тога он је имао на расположењу већ један врло значајан део радова до тада највећег електричара Фарадеја. Па ипак његова књига садржи бар исто онолико бесмислених ствари колико их садржи одговарајући део много старије Хегелове Натурфилософије. Опис електричне варнице на пример могао би се узети за директан превод одговарајућег места из Хегела. И Томсон и Хегел набрајају сва чуда која су налажена у електричној варници пре сазнања њене истинске природе и откривања њених многобројних облика; данас се у највећем броју тих чуда гледају или специјални случајеви или грешке. Па не

само то. Томсон на стр. 446 сасвим озбиљно препричава Десењове страшне приче о томе, да стакло, смола, свила и тд. замочени у живу постају електрично негативни кад се барометар пење а термометар пада, напротив кад барометар пада а температура расте они се наелектришу позитивно; да злато и више других метала лети грејањем постају електропозитивни; хлађењем електронегативни; зими опет обрнуто; да се они јако наелектришу кад је барометар висок а дува северни ветар, позитивно кад температура расте, негативно кад температура пада, итд. То је обрада чињеница у Томсоновој књизи. Што се тиче априористичких спекулација Томсон нам даје овакву теорију електричне варнице, која не потиче ни од кога мањег него од Фарадеја: „Варница је пражњење или слабљење поларизованог индукционог стања многих диелектричних делића, које се врши услед једног нарочитог дејства малог броја ових делића који узимају сасвим мали и ограничен простор. Фарадеј узима да тај мали број делића на којима се врши пражњење не само бива међусобно одгуриван него да привремено добија нарочито високоактивно (*highly exalted*) стање; то значи да се све силе које их окружују једна за другом бацају на њих услед чега они прелазе у стање чији је интензитет раван интензитету стања атома који се хемиски једине; да они затим испразне те силе, као што атоми испразне своје силе — на начин који нам је до сада непознат — и то је свему крај (*and so the end of the whole*). Крајње дејство је тачно тако као кад би наместо испражњених делића ступио неки метални делић, и не изгледа немогуће, да се акциони принципи у оба случаја некад покажу идентични“. „Ја сам — додаје Томсон — навео ово Фарадејово објашњење његовим сопственим речима, јер га ја не разумем потпуно“. Ово се ваљда и другим људима десило кад у Хегела читају да у електричној варници „не улази у процес нарочита материатура напрегнутог тела, него је у њему одређена само елементарно и душевно“ и да је електрицитет „прави гнев, права ускупелост тела“, његово

„наљућено ја“, да се „појављује на сваком телу кад је оно раздражено“ (Naturphilosophie, § 324, Додатак). Па ипак је главна мисао истоветна и Хегелу и Фарадеју. Обојица устају против схватања да електрицитет није стање материје него нарочита, апартна материја. А пошто се у варници електрицитет јавља привидно самосталан, без икаквог страног материјалног супстрата, засебан, а ипак чулно осетан, то су они, због тадашњег стања науке, морали доћи на схватање, да је варница ишчезљив облик појаве неке „силе“ тренутно ослобођене од сваке материје. За нас је наравно загонетка решена од кад знамо да заиста између металних електрода у варничном пражњењу „прескачу метални делићи“ и да слетствено „нарочита материјатура напетог тела“ заиста улази у процес.

Као топлота и светлост, тако су, као што је познато, и електрицитет и магнетизам испрва схватани као нарочите импондерабилне материје. Позанто је да се за електрицитет убрзо дошло до схватања да собом претставља две супротне материје, два „флуида“, један позитиван и један негативан, који се у нормалном стању узајамно неутрализују док су одвојени један од другог такозваном „електричном раздвојном силом“. Слетствено два тела се могу напунити једно негативним друго позитивним електрицитетом; кад се таква два тела повежу неким трећим, проводним телом онда се врши изједначење напона или нагло или путем трајне струје, зависно од околности. Нагло изједначење показало се просто и очевидно, али је објашњење струје задавало тешкоће. Супротно најпростијој хипотези, да се у струји креће свакад или само позитиван или само негативан електрицитет, Фехнер и, опширније Вебер истакли су гледиште, да у затвореном колу струје увек једна поред друге две једнаке струје позитивног и негативног електрицитета у каналима између пондерабилних молекула тела. Искрпном математичком обрадом ове теорије Вебер је најзад дошао и дотле да помножи неку, овде није важно коју, функцију са једном ве-



лично  $\frac{1}{r}$  а ово  $\frac{1}{r}$  занчи „однос . . . . . јединице електрицитета према милиграму“ (Wiedemann, Lehre, vom Galvanismus etc., 2 изд. III., стр. 569). Природно да однос према некој тежинској јединици може бити једино тежински однос. Занет рачунањем једнострани емпиризам толико се одвикао од мишљења да му већ овде импондерабилни електрицитет постаје пондерабилан и његову тежину уноси у математичко рачунање.

Формуле које је извео Вебер вределе су само у одређеним границама, а Хелмхолц је пре неколико година на основу тих формула добио резултате који се сукобљавају са ставом о одржању енергије. Насупрот Веберовој хипотези о двострукој струји која тече у супротним правцима К. Науман је 1871 изнео другу хипотезу по којој се само један од оба електрицитета у струји креће, на пример позитиван, други електрицитет, негативан, чврсто је везан за масу тела. У вези са овим налазимо у Видмана следећу примедбу: „Ова би се хипотеза могла ујединити са Веберовом хипотезом, кад би се, Веберовој претпостављеној двогубој струји електричних маса  $\pm \frac{1}{2} e$  које теку у узајамно супротном смислу, додала још једна **струја** упоље недејственог **неутралног електрицитета**, који собом вуче у правцу позитивног електрицитета количину електрицитета  $\pm \frac{1}{2} e$ “ (III, стр. 577).

И ова је реченица карактеристична за једнострани емпиризам. Да би електрицитет уопште могао тећи разложен је на позитивни и негативни. Али сви покушаји, да се са ове две материје објасни струја, наилазе на тешкоће; то вреди како за хипотезу да у струји постоји само једна од те две материје, тако и за схватање да обе материје једновремено теку једна другој усупрот и најзад за хипотезу да једна материја тече а друга да мирује. Ако останемо на овом последњем схватању онда како да објаснимо необјашњиву чиње-

ницу, да је негативни електрицитет у машини за добијање статичког електрицитета трењем и у Лајденској боци ипак довољно покретан а да је у струји чврсто везан за масу тела? Сасвим просто. Поред позитивне струје  $+e$  која тече жицом удесно и негативне струје  $-e$  која жицом тече улево дозволићемо да тече удесно још једна струја неутралног електрицитета  $\pm \frac{1}{2} e$ . Најпре узимамо да оба електрицитета могу

уопште тећи једино кад су одвојени један од другога; а да би објаснили појаве које настају струјањем одвојених електрицитета дозвољавамо да ти електрицитети могу тећи и недвојено. Прво правимо једну претпоставку да би објаснили извесну појаву а прва тешкоћа на коју наиђемо сили нас да правимо другу претпоставку, директно противречну првој претпоставци. Каква би морала бити та философија на коју имају права да се туже ова господа?

Но поред овог гледишта о материјалности електрицитета појавило се ускоро друго гледиште по коме се електрицитет схвата као просто стање тела, као „сила“ или како ми данас кажемо, као нарочити облик кретања. Ми смо видели горе да је ово схватање делио Хегел а доцније и Фарадеј. Откад је откриће механичког еквивалента топлоте дефинитивно отстранило претставу неке нарочите „топлотне материје“ и топлота схваћена као молекуларно кретање морало се приступити и проучавању електрицитета по новој методи и покушати одређивање његовог механичког еквивалента. Ово је потпуно успело. Нарочито Џоул, Фавр и Раул опитима су одредили не само механички и термички еквивалент такозване „електромоторне силе“ галванске струје, него су доказали и потпуну еквивалентност галванске струје са енергијом ослобођеном хемиским процесима у електроелементу или енергијом употребљеном у апарату за електролизу. Тако је хипотеза о томе, да је електрицитет неки нарочити материјалан флуид, постојала све више неодржљива.

(Наставак у идућој свесци)



И. Топлев

**ЧЕКА ДИНАРА 6**