M. Smoluchowski

Atomistyka współczesna.

(atomistyka) Atomistyka. 1917. Rękopis bez tytułu. [51]

1

Chcąc dać obraz atomistyki współczesnej trzebaby przedstawić niemal całą fizykę i chemię a poczęści i mineralogię. W tak krótkim referacie muszę się zatem ograniczyć na skreśleniu kilku głównych myśli przewodnich, które równocześnie potrzeby mogą do uporządkowania tego olbrzymiego materyału, a tylko pobieżnie mogę poruszać kwestye specyalne, jakkolwiek ciekawe i ważne.

Atomistykę podzielić można przedewszystkiem na atomistykę materyi i atomistykę elektryczności, czyli „elektronika".

Rozebyć się z czasem zniknie ten podział. Wszak wiadomo że obecnie panuje dążność wytłomaczenia właściwości charakterystycznej dla materyi, tj. bezwładności, jako objaw sił elektrycznych. ~~Na podstawie~~ Dowodzi tego Kaufmanna, Ondereca i Hupki (nad ugięciem promieni ~~katodowych~~ i β) dowiodły że ~~istotnie~~ przynajmniej znaczna część masy materyalnej ~~ujemnych~~ elektronów jest tylko natury elektrycznej. Wierzymy że cała masa wogóle elektronów jest poczęta — choć to jeszcze nie jest udowodnione — i co więcej ~~wierzymy że~~ uważamy to dalej za prawdopodobne że tak samo ~~nie~~ wszelka masa, nietylko pojedynczych ujemnych elektronów ~~lecz~~ tak samo ~~wogóle~~ masa całych atomów jest tylko pozorna, jest wytworem sił elektrycznych. Ale sądzimy tak nie z powodu ~~dążności~~ skłonności umysłu naszego do monizmu, ~~do sprowadzania~~ ~~z powodu~~ ~~wodzący niechęci~~ sądzimy tak dla tego że nie z płochej przyczyny konkretnych ~~uproszczenia~~ upraszczają się nadzwyczajnie obraz świata fizycznego ~~przez przyjęcie~~ jeśli nie potrzeba przyjmować dwóch odrębnych substancyi masy i elektryczności, tylko ~~wszystko~~ wszystko ostatecznie sprowadzić się daje do jednej substancyi zasadniczej: elektryczności (do zjawisk natury elektrycznej). Co prawda że i tak jeszcze daleko do monizmu, (bo obecnie dwie jeszcze ~~przyjmujemy~~ przyjmować musimy dwa zasadnicze różne rodzaje elektryczności: ujemny i dodatni. Ujemne elektrony dobrze znamy ale wiele mniej wiemy o cząstkach dodatnich. Nie umiano jeszcze skonstatować obecności cząstek dodatnich bez połączenia z masami atomowemi, tak że wolą jeszcze powiedzieć można: najmniejsza cząstka dodatnio elektryczna jest to atom ~~zmniejszony~~ którym odebrano jeden ujemny elektron. bohr

pojęcie materyi zatrzymuje swoją wartość i swój obszar ustosunowania tak samo jak pojęcie światła nie zależy od teorii elektryczności

Ale pomijając obecnie te spekulacye w każdym razie metody badań w obu działach są tak różne że podział na atomistykę materyi i atomistykę elektryczności ~~należy~~ pozostaje usprawiedliwionym.

Opróc tego istnieje od kilku lat jeszcze trzeci dział, który dalszej jeszcze nie daje się powiązać z resztą fizyki tj. atomistyka energii — ale tego nie będę tykać gdyż kol. Natanson nam później zda sprawę o stanie ~~dalszego~~ tej kwestyi.

W każdym z tych dwóch działów, w atomistyce materyalnej i w elektronice, znów rozróżnić można zjawiska dowodzące słuszności pojęć atomistycznych w sposób jakościowy i ilościowy. Do pierwszego rodzaju zjawiska są to takie, które zrozumiałe wynikają przyjęcia struktury, złożoności materyi i elektryczności z oddzielnych jednostkowych cząstek, ale bez względu na wymiary i liczby tych cząstek, tak że odwrotnie też takie zjawiska nie dają klucza do wnioskowania o wymiarach lub liczbie cząstek składowych, podczas gdy zjawiska drugiego rodzaju zależne są od liczby cząstek.

1). Do pierwszej klasy należą przedewszystkim zmiany stanów skupienia, które stanowiły historycznie pierwszy argument uzasadniony za przyjęciem hipotezy atomistycznej. Że ta sama chemicznie substancja może się znajdować w trzech różnych stanach skupienia (zwarty, ciekły, gazowy) (nawet w tych samych warunkach) trudno inaczej wbrew wytłomaczyć jak przyjęciem że jej składowe cząsteczki są niezmienne, tylko w tych trzech wypadkach znajdują się w odmiennych warunkach ruchu i układu.

Naukowo wspomnionego wypada nam zreformować dzisiaj tradycyjne rozróżnienie stanów: gazowego, ciekłego i stałego. Między gazowym a ciekłym stanem istnieje przejście ciągłe (powyżej punktu krytycznego), niema różnicy zasadniczej, ~~tak samo ciało stałe bezpostaciowe różni się tylko~~ a dalszy ciąg tych przejść stanowią ciała amorficzne, bezpostaciowe, są to poprostu ciecze o wielkim tarciu wewnętrznem, zazwyczaj dużo podchłodzone. Natomiast (a zatem wielkiej szybkości potrzebnej) o drobnych szczegółach przypadkowo rozmieszczonych) zasadniczo różny jest stan krystaliczny — o regularnym uporządkowaniu układu drobin.

Właściwie wypada zatem rozróżnić 2 stany skupienia: stan gazowo-ciekły oraz stan krystaliczny albo właściwie tyle może być modyfikacyj (odmian) bezpostaciowej (amorficznej, szkliwnej) i stanów krystalicznych ile modyfikacyj krystalicznych dana substancja potrafi wytworzyć.

2) Najprostszy argument za atomistyką nie stany skupienia tworzą zjawiska chemiczne, mianowicie zasadniczy prawo chemii: prawo wielokrotnych stosunków, dzięki któremu też Dalton stał się właściwym twórcą nowoczesnej atomistyki. Zdawał się zresztą że prawo to jest dowodem struktury atomistycznej materyi. To oczywiście nie jest słuszne, dostatecznie bowiem Ostwald potrafił napisać podręcznik chemii bez przyjęcia atomów, więc nie może być mowy o dowodzie, o konieczności logicznej. Zdaje się że wogóle istotne „dowody" istnieją tylko w matematyce i logice, a w naukach przyrodniczych zawsze tylko można mówić o prawdopodobieństwie jakiegoś twierdzenia, o użyteczności jakiejś teorji — choć zresztą to prawdopodobieństwo może być tak duże że w praktyce wolno nam mówić o pewności i konieczności. [Tak samo Ostwald aż do roku 1908 nie uważał prawa wielokrotnych stosunków za dowód dostateczny atomistyki i Mach do dziś dnia taki sam opozycyjne zajmuje stanowisko. Każdy ~~zawsze zapewne~~ zjawisko fizyczne zapewne wytłomaczyć można w odmienne

wielu odmiennych sposobów, tak też będzie z prawem wielokrotnych stosunków. ~~Tylko~~ Ale nikt chyba nie wątpi że wytłomaczenie przez przyjęcie struktury materyi atomistycznej jest możliwie najprostszem. ~~Tylko~~ Inna też Mach nie zaprzecza — tylko powiada: ja ogółem nie przyjmuję żadnego wytłomaczenia, konstatuję tylko istnienie tego prawa fenomenologicznego, a nie próbuję nawet budować żadnej hipotezy w celu jego tłomaczenia — bo to uważam za nie naukowe.

Mach dzisiaj ze swoim zdaniem jest zupełnie odosobniony. Nikt inny dzisiaj nie zaprzecza (Koniunkt skrajnych fenomenologii zbankrutował) obszerniej dowodności teorji hipotez naukowych, a specjalnie co się tyczy atomistyki ~~tylko~~ zasuty przeciwnicy podnieśli prawie zupełnie się wyjaśniły i byliśmy świadkami takich triumfów tej teorji że powszechnie dzisiaj ~~ją uznają za~~ uznać ją trzeba chyba za najsilniej ugruntowaną najpewniejszą teorję fizyki i chemii.]

Z prawem wielokrotnych stosunków łączą się i inne prawidła chemizmu które również uznaczają założenia teorji o budowie atomistycznej materyi jak prawidła co do liczby możliwych izomerów w połączeniach chemicznych, cały zakres zjawisk objętych stereochemią. Kto wobec tych zjawisk odrzuca ~~to~~ tłomaczenie atomistyczne i ogranicza się na skonstatowaniu faktów przyjmuje popełnia takie samo „sacrificium intellectus" jak ten kto odrzuca teorję ewolucji świata organicznego.

3). W rzędzie owych zjawisk pierwszej grupy wszyscy ~~w~~ zawsze miejsce należy się zasadniczemu prawu Krystalografji: prawu wymiernych wskaźników. Prawo to, które wypowiada ~~wyraża~~ owe tworze siatek przestrzennych, regularnych systemów punktów; które dziś ~~stanowią~~ wymiarów Bravais, Sohncke, Schönflies i inny

byłoby niepojęte i niezrozumiałe gdyby kryształy nie składały się z drobnych jednostkowych i regularnie ułożonych cząsteczek czy cząstek. Cząstki składowe nazywa się w krystalografji drobinami (Krystall molekülen) ale zdaje się że te trzeba być ostrożnym (aby z użyciem tego słowa nie połączyć błędnych pojęć.

Pojęcie drobiny ~~jest~~ jest ściśle określone dla stanu gazowo-ciekłego, gdzie tutaj drobiny prawdą żyjąc wszelkiego (wyjątek: dysoc. elektrolit. etc.) ~~tylko w obrębie~~ dla tego stanu mamy metody określenia ciężaru drobinowego. W ~~stanie~~ stałym — czyli krystalicznym ~~w stanie krystalicznym~~ nie potrafimy określić ciężaru drobinowego, metody ~~chemiczne podają~~ Krystalograficzne dla dla ~~[illegible]~~ określają tylko wielkość tej dla ~~stanu~~ ciężaru ale nie dla całego stałego.

~~Wydaje się~~ Zdaje się że ~~wszystko kryształ~~ w tym stanie drobiny ~~[illegible]~~ są całkowicie odrębne i wzajemnie niezależne jednostkami ~~[illegible]~~ i że skład krystalograficzny wpływa wyłącznie na ich własności chemiczne (poza ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~) ~~to wogóle jeszcze kwestja nie całkowicie wyjaśniona, a tu zwłaszcza dla definicji drobiny.~~

Czy zatem pojęcie drobiny może być przeniesione na ~~[illegible]~~ stan skupienia stało-krystaliczny jak w tym stanie określić to pojęcie, jak oznaczyć ciężar drobinowy, czy n.p. odnieść do Bais'ów Pr. i Pi pochodzą od odmiennego składu drobin, czy od odmiennych ~~jakie Bais'ów wrażenie od rodzaju drobin, a jakie od~~ (ich składu Krystalograficznego — to są fundamentalne kwestje, na które jeszcze nie potrafimy dać odpowiedzi wyczerpującej, gdyż wogóle wiadomości nasze o drobinach (fizyki i chemii) ciał stałych krystalicznych są jeszcze bardzo niedostateczne.

Mówiliśmy dotychczas o jakościowych dowodach atomistyki materyalnej. Uważając tę sprawę za załatwioną przechodzimy od razu do atomistyki elektrycznej za pomocą praw elektrolizy. Już Helmholtz 1881 ~~[illegible]~~ wniósł myśl że elektryczność ponieważ w elektrolizie każdy jednowartościowy [illegible] transportuje jednakowy ładunek, dwuwartościowy dwukrotny, trójwartościowy trzykrotny, itd. a między niemi żadnych wartości pośrednich nie ma może posiada strukturę atomistyczną. Dziwić trzeba się chyba że wcześniej o tem nie pomyślano.

Wszak jest to po prostu znowu prawo wielokrotnych stosunków Daltona – tylko rozszerzone ~~z pomocą owego~~ w nieco odmiennej formie na elektryczność; i o tyle jeszcze prostsze że liczba n określająca wielokrotność stosunku w jakim elektrony elektryczności się wiąże z atomami materyą może być tylko 1, 2, 3, 4. Większej wartościowości nie napotykamy w elektrochemii.

Podkreślam jeszcze raz wspólną cechę tych dotychczas omawianych zjawisk: że stanowią one jakościowe „dowody" atomistyki i elektroniki; ale same przez się nie dają żadnych wskazówek co do wielkości atomów. ~~Najlepszy dowód~~ Pokazuje się to w tem przedewszystkiem, że w obrębie całej klasycznej chemii nie występuje nigdzie pojęcie bezwzględnego ciężaru atomowego, tylko zawsze ~~liczby~~ ciężary atomowe względne n.p. w porównaniu z względem wodoru czy tlenu. Zatem nic nie przeszkadzałoby nam przyjąć atomy dowolnie małe, powiedzmy zaraz nieskończenie małe, tak że substancye zachowywałyby się najzupełniej jak ~~stała~~ substancye jednorodne, ciągłe, – i byłoby to już tylko problemem sporu dla filozofów, czy przyjmujemy taką quasi ciągłą substancyę, składającą się z nieskończenie małych atomów w nieskończenie małych odstępach, ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ głosimy teoryę ciągłości czy teoryę atomistyczną.

Ale całkiem odmiennie się przedstawia ta sprawa w świetle dowodów innego rodzaju: t.j. ilościowych, dających wskazówki wyraźne co do liczby i rozmiarów drobin, atomów, elektronów. Jako historycznie pierwsze wymienić tu wypada przedewszystkiem pewne zjawiska nieodwracalne, (w obec których termodynamika jest bezsilna, podczas gdy) ~~które~~ teorya kinetyczna je w nadzwyczajnie prosty sposób ~~wyjaśnia~~, ale przyczem na każdym kroku słuszności podstawowych jej pojęć się ~~daje dowód~~ okazuje. Mam tu na myśli zjawiska lepkości, przewodnictwa cieplnego i dyfuzyi gazów, które przez ~~[illegible]~~ Clausiusa i Maxwella ~~należą do~~ są jednem pojęciem zostały włączone do zakresu teoryi kinetycznej gazów. Wiadomo że ten cały szereg zjawisk ~~[illegible]~~ został przepowiedziany przez teoryę kinetyczną a następnie dopiero doświadczalnie stwierdzony, jak przybliżona wielkość spółczynników przewodnictwa cieplnego i dyfuzyi, (obliczen-

niezależność spółczynników lepkości i przewodnictwa cieplnego od ciśnienia gazu, wzrost spółczynnika dyfuzyi proporcyonalnie do ~~ciśnienia~~ rozrzedzenia gazu. ~~Szczególnie~~ Nadzwyczajnie ciekawe są owe specyalne zjawiska które przy rozrzedzeniu gazów występują (na ~~granicy~~ powierzchni ciał stałych, ~~[illegible]~~) a ściślej [illegible] mianowicie ślizganie się gazów przy ruchu mechanicznym i skok temperatury przy ~~[illegible]~~ przewodnictwie ciepła. ~~A [illegible] [illegible]~~

~~[illegible]~~ Przy wielkich rozrzedzeniach wreszcie (Gdy jeden [illegible] [illegible] w porów. z [illegible]) gaz zachowuje się w sposób zupełnie odmienny niż w zwykłych warunkach: na miejsce prawa Poiseuille'a określającego transpiracyę, przepływ gazu przez wązkie

przychodzi prawo zbliżone do Ohmsa prawa o effuzyi gazu, tak że gazy przechodzące przez otwory (dystrybucyjne) wiązane mniej więcej od liczby cząstek) proporcjonalne do ich gęstości, dalej że w mieszaninach każdy składnik porusza się ze swoją własną prędkością, całkiem niezależnie od innych. Ilość ciepła przewodzonego przez warstwę takiego gazu nie zależy wcale od grubości warstwy a jest proporcjonalna do ciśnienia gazu. Najdziwniejszy jednak to że w naczyniu którego części różną posiadają temperaturę ciśnienie przez gaz wywierane na ściany są nierówne, że w miejscach cieplejszych są większe w stosunku prawdziwym z temperatury bezwzględnej niż w miejscach chłodniejszych. Zjawiska te mimo że dopiero w ostatnich latach bliżej studiowanych polega znany radiometr Crookesa, a dokładną formułę takich przyrządów wyprowadził Knudsen jako tzw. nanometr bezwzględny celem mierzenia pozimów bardzo rozrzedzonych gazów.

Wszystkie te zjawiska wynikają jako prosto naturalne konsekwencje z podstawowych pojęć teoryi kinetycznej a wprawdzie sposób zwrócić mechanizm nieodwracalnych zjawisk elektrycznych tworzy się na podstawie elektroniki. Chodzi tu o przewodnictwo elektryczności. Od czasów Arrhenius i Kohlrausch zrozumiemy mechanizm przewodnictwa elektrolitów a badania nowszych fizyków Thomsona i jego uczniów wyjaśniły w ostatnich latach nam zawiłe zjawisko przewodnictwa elektrycznego w gazach, które od czasów Faradaya uchodziły za jedną z najciekawszych zagadek fizyki. Wspomnę jeszcze o trzeci przewodnictwie metalicznego, o wytłomaczeniu znaczenia prawa Wiedemann-Franza – wreszcie przypomnę teoretyczne badania nad dyspersyą i absorpcyą światła w gazach, nad optycznemi własnościami metali. Wszędzie okazała się jej płodność teoryi elektronowej, a dalsza współpracy nad nią uczyni niewątpliwie jeszcze wyjaśnienie niejedną zagadkę.

Jest to rzeczą charakterystyczną że te zjawiska nieodwracalne są ściśle związane z liczbą od liczby drobin, atomów, elektronów. Na tej podstawie Loschmidt pierwszy zdołał określić rząd wielkości tej liczby ze zjawisk dyfuzyi, tak samo też można określić rozmiary jonów przewodnictwa elektrycznego, a liczba elektronów dyspersyjnych ze zjawisk dyspersyi światła.

Przejdźmy obecnie do zjawisk odwracalnych, czyli co na to samo wychodzi: do stanów równowagi termodynamicznej. Na tem polu dokonała trzeba znacznych postępów w ostatnich latach. Poznano bowiem że zjawiska te objawiają się odmiennie jeśli się nań zapatrujemy ze stanowiska makroskopijnego, a odmiennie z punktu widzenia mikroskopijnego. Osobnie makroskopijnych zjawisk odwracalnych jest zgodny z drugą zasadą termodynamiki – i (odstępstw tych zjawisk) nie ma nic sprzeczna z tą zasadą. Te zjawiska te dadzą się zatem wytłomaczyć równie dobrze sposobem klasycznym atomistycznym jak powołaniem się na zasady termodynamiki; nie dają one nam żadnego sposobu określenia struktury materyi, liczby drobin, itd. Przeciwnie nawet zjawiska, które dla krótkości określiłem wspólną nazwą „mikroskopijne". One sprzeciwiają się przyjętym zapatrywaniom termodynamicznym i ich obecność jest dowodem atomistycznej drobinowej struktury i z nich wnosić można o liczbie drobin.

Należą do tego przedewszystkiem ruchy Browna i opalescencya gazów i cieczy.

Wspomniałem o tych zjawiskach już na Zjeździe w Lwowie przed 4 laty, ale powtórzę ~~to jest przedmiot tu~~ na temat. Od tego czasu zbogacił się wszystko postępy a przedmiot ten wiąże się z zasadniczem zagadnieniem atomistyki czy też teorii kinetycznej, więc kilka słów jeszcze pozwolę sobie dosunąć.

Pod zasadniczem zagadnieniem teorii kinetycznej rozumiemy zdanie pogodzenie atomistyczno-kinetycznego poglądu na materię ze stanowiskiem termodynamicznem, czy też rozstrzygnięcie między niemi. Od dawna dawno wiadomo, że tu istnieje pewna sprzeczność, wynikająca z samych ogólnych podstaw tych teorii, gdyż według teorii kinetycznej możliwe byłyby także takie zjawiska, które są sprzeczne z drugą zasadą termodynamiki. Już ów słynny demon Maxwella był dowiódł że z punktu widzenia kinetyki drugiej zasady termodynamiki dałoby się obalić, możnaby energię mechaniczną wytwarzać z energii cieplnej kosztem ciepła pochodzącego z zimnego otoczenia bez spadku temperatury, gdyby ~~[illegible]~~ można dzielić na indywidualne drobiny — albo np. gdyby można skonstruować klapę, wentyl jednostronny i tak czuły żeby się pod naciskiem jednej czy kilku drobin otwierał. Druga zasada byłaby zatem tylko słuszna z punktu widzenia ludzkiej niezręczności, niedoskonałości naszych środków technicznych.

Co więcej, teorya kinetyczna wszystkie zjawiska tłomaczy mechanicznie (pod przyjęciem sił konserwatywnych), a prawa mechaniki są zgodne z zasadą wstecznie do zasady Newtona: $m\frac{d^2x}{dt^2} = X$, w której występuje różniczka czasu dt tylko w kwadracie to znaczy że równie dobrze można przyjąć $\pm dt$, czyli że każdy ruch konserwatywny może się ~~także~~ odbywać ~~[illegible]~~ nie tylko w miarę czasu postępującego ale też równie dobrze cofającego. Zatem wszystkie zjawiska mechaniczne mogą też przebiegać w kierunku przeciwnym ~~[illegible]~~ ~~prędkość drobin, którą one by posiadały prędkość [illegible] przeciwna do tych stanów w danej chwili istnieją — a wtedy~~ to znaczy tak jakgdyby czas się cofał wstecz. To znaczy że entropia nie dążyłaby do maximum tylko do minimum, druga zasada termodynamiki byłaby odwrócona.

Zarzut ten, który istotnie dużo pierwszorzędnych umysłów odstraszał od teorii kinetycznej, został do pewnego stopnia wyjaśniony przez Boltzmanna ~~[illegible]~~ stwierdzeniem, że owe zjawiska wstecz, niezgodne z zasadą entropii, wprawdzie są możliwe ale w praktyce są nadzwyczajnie nieprawdopodobne także; i na nie dostrzegamy. Tak samo np. ~~[illegible]~~ jeśli nasypiemy do pudełka warstwę maku czarnego a na nią równą warstwę maku białego i będziemy tem pudełkiem energicznie potrząsać, to ~~[illegible]~~ z czasem zwarcie się pomieszają. Możliwem byłoby teoretycznie także wykonanie takich ruchów ~~[illegible]~~ któreby ziarna czarne od białych napowrót oddzieliły, ale w praktyce ~~[illegible]~~ zawsze tylko obserwować będziemy postępujące zmieszanie, ~~[illegible]~~ aż mniej więcej w każdej części równie dużo będzie czarnych i białych ziarnek. ~~[illegible]~~ ~~Jest to [illegible] tego w~~ ~~[illegible]~~ Ten przykład ilustruje poprzednie zjawisko znane nam jako dyfuzyę gazów, tlenu i azotu, powietrzu rozdzielonych. Dyfuzya taka następuje samodzielnie i termodynamika dowodzi, że przy tem entropia wzrasta (w związku z tem paradox Gibbsa). Przeciwne zdarzenie, ~~[illegible]~~ automatyczne rozdzielenie powietrza na tlen i azot, wbrew ~~[illegible]~~ termodynamiki jest wykluczone. Według teorii kinetycznej jest ono możliwe, ale nadzwyczajnie nieprawdopodobne; ~~tak że tych wypadków nie zauważymy~~ Tak np.

sposobem Boltzmanna udowodnić, że równomierne rozmieszczenie tlenu i azotu w jednem centymetrze kubicznym jest mniejszej 10^{19} razy prawdopodobniejsze niż zupełne ich rozdzielenie, nie zatem dziwnego że obserwujemy w praktyce tylko pierwszy wypadek.

Rozumowanie Boltzmanna niewątpliwie jest słuszne, ale jeszcze sprawy nie wyczerpuje. Rozróżnijmy właśnie wypadek systemu dobrze pierwszych dążyć będzie do stanu najprawdopodobniejszego, do maximum entropii, ale Pan Bóg wymyślił inne rodzaje systemów mechanicznych, gdzie tak nie będzie. ~~Np. system~~

Wyobraźmy sobie bowiem jednakowych, ciał w jednakowych stężeń punktów materyalnych rozlewczonych na nitkę kauczukową. Jeśli udzielimy ~~punktom~~ cząstkom pierwszych przedtem ruch przypadkowy się poruszający i system nie będzie dążyć do stanu ~~się~~ wyróżnianego, najprawdopodobniejszego, w którym każdy punkt miałby posiadać jednakową energię kinetyczną. Takie wypadki są zapewne tylko osobliwymi wyjątkami, liczba ich zapewne w porównaniu z normalnymi wypadkami, zgodnymi z zasadą wzrostu entropii, będzie tak mała jak ~~liczba~~ mnożnik lub wymiernych ułamków do mnożnika lub niewymiernych. Ale zawsze chodzi o bliższe określenie warunków ~~kiedy~~ ~~[illegible]~~ charakteryzujących we systemy normalne, w przeciwieństwie do systemów wyjątkowych.

~~[illegible]~~ Boltzmann jako kinetyczną miarę entropii wziął złożoną funkcję H albo właściwiej ujemną jej wartość, przyczem określa ją jako $H = \sum f \log f$, gdzie f oznacza prawdopodobieństwo danych wartości współrzędnych, a suma odnosi się do wszystkich współrzędnych systemu. W poprzednio omawianym przykładzie Pana Boga możemy się porozumieć co do znaczenia pojęcia prawdopodobieństwa, ale jak to ogólnie określić? Jak wogóle może być mowa o prawdopodobieństwie — czyli o przypadku, to tak pojęcie koniecznie ze sobą związane — wobec zjawisk ~~podlegających~~ wynikłych z danych warunków początkowych pod działaniem określonych praw mechaniki?

Ściślejsze ujęcie tych zagadnień i naszkicowanych tu dróg jest zadaniem ~~nowej dziedziny~~ ~~fizyki zapoczątkowanej już wielkiego Maxwella~~ niejasnej mechaniki statystycznej, zajmującej się badaniem prawideł którym podlegają statystyczne mnożniki systemów mechanicznych. Oprócz ostatniego dzieła Gibbsa późniejszego tomu przedmiotowi wyjaśnienia trzeba tu właściwie prace Einsteina i Jeansa, ~~oraz~~ Herra Silberstina ~~podaniół pewne zasady przeciwko niektórym wywodom Gibbsa~~ wreszcie świeżo ogłoszoną pracę polskiego Pana Jana Kroó. Który znajdujemy pewne kryterya pozwalające nam w pewnych wypadkach zgadnąć czy system jest normalny to znaczy dąży do stanu wyróżnionego, czy też nie. Do ~~[illegible]~~ całkowitego wyjaśnienia wielkich z tem związanych zagadnień jeszcze nam daleko, ale przecież ~~to możemy już uważać za pewne~~ widzi się to samo że ~~[illegible]~~ pewne systemy mechaniczne ~~[illegible]~~ takie jakie przyjmuje teorya atomistyczno kinetyczna muszą się zachowywać zgodnie z zasadą termodynamiki, ~~[illegible]~~ (w ogólnych zarysach, makroskopijnie widzianej)

~~[illegible]~~ Pod tym względem zatem zarzuty przeciwko kinetyce podnoszone nie są słuszne.

Całkiem odmiennie przedstawia się jednak ta sprawa, gdy ~~[illegible]~~ ilościowa taki sposób mikroskopijnym. Druga zasada jest wynikiem prawdopodobieństwa, to znaczy prawa wielkich liczb, ~~[illegible]~~ ponieważ jednak liczba drobin ~~[illegible]~~ nie jest ~~[illegible]~~ wielka, więc zmiany mogą istnieć pewne zboczenia przypadkowe od normalnego, przeciętnego toku rzeczy. Dostrzegalne będą (i to tym większe im mniejsza liczba drobin ~~[illegible]~~ biorąc udział) te zboczenia tylko o ile możemy śledzić niezbyt liczne prowadzy drobin — stąd nazwa „mikroskopijne".

Pierwszy przykład tego rodzaju jest od dawna znany: nierówność temperatury na mocy Maxwella prawa o rozkładzie prędkości — tylko to nie nadaje się do kontroli doświadczalnej, bo nie mamy sposobu bezpośredniego mierzenia temperatur drobnych cząstek.

Do obserwacji nadają się jednak nierównomierności ciśnienia, (wywołane ruchami które powodują, jak np. ruchy Browna, a drugie zjawiskiem Tyndalla opalescencję ośrodka lub, jeśli chodzi o zawiesiny cząstek ultramikroskopijnych, wprost liczeniem cząstek zawartych w danej przestrzeni (Svedberg).

O ruchach Browna już tyle pisano i mówiono w ostatnich latach, ~~[illegible]~~ że chyba nie potrzebuję tu jeszcze tych rzeczy powtarzać. A o zjawiskach opalescencji ~~[illegible]~~ występujących zwłaszcza wyraźnie w punkcie krytycznym, jeśli nie w Polsce, to przecież 4 lata mówiłem. Dodam obecnie tylko że teorja moja została podjęta przez Einsteina i uzupełniona ~~[illegible]~~ ilościowo obliczeniem ~~[illegible]~~ zmienności absorbujący i rozpraszający takiego ośrodka, który

Swoją drogą ~~[illegible]~~ Aleksander Einstein do niebiańskiej bawy nieba, ~~[illegible]~~ o ile się odnosi takie jeszcze nie jest dokładne, gdyż Einstein uwzględnia wahanie optyczne ośrodka ~~[illegible]~~ wpływ przypadkowych zmian i rozrzedzeń, ale resztę ośrodka uważa jako ciągły, jednorodny, więc pomija wpływ nierówności optycznych na powierzchni ~~[illegible]~~ samych drobin. Lord Rayleigh niegdyś precyzował ~~[illegible]~~ wziął pod rachubę wahanie tu drugie czynnik, bez pierwszego, co z dotychczasowym prawdą do tego samego wyniku jaki obecnie Einstein wyprowadził. W rzeczywistości ~~[illegible]~~ zaś oba czynniki muszą współdziałać, ~~[illegible]~~ więc wynik musi być większy niż to w obu pracach.

Zwrócę tylko jeszcze uwagę na niezwykle proste prawo matematyczne które rządzi tymi przypadkowymi wahaniami. Jeśli gramy w grę hazardową ~~[illegible]~~ taką że przy każdej próbie równie prawdopodobnie możemy zyskać jednostkę jak stracić jednostkę, ~~[illegible]~~ to ~~[illegible]~~ prawdopodobieństwo zyskania albo też straciania ~~[illegible]~~ jednostek w ciągu n prób wynosi: $\frac{n!}{\frac{n-r}{2}!\,\frac{n+r}{2}!}\,\frac{1}{2^n}$, z czego łatwo się obliczyć że prawdopodobny zysk albo strata przy n próbach wynosi $\sqrt{n}$ [albo $\sqrt{n/2}$], jeśli n jest liczbą wielką.

Podobnie drobina ~~[illegible]~~ w jednolitym ośrodku ~~[illegible]~~ równie dobrze może się poruszać na prawo jak na lewo, a w ciągu dużego kawałka porusza się tylko przez małą liczbę czasu, aż zderzenie z innymi drobinami zmienią jej kierunek. Przesunięcia dodatnie i ujemne są zatem równie prawdopodobne, zatem widać że przesunięcie (po upływie czasu t ~~[illegible]~~ zwykłe odpowiednie) musi być proporcjonalne do $\sqrt{t}$.!

Wykonanie rachunkowego obliczenia dla cząstek zawieszonych w cieczy daje wzór określający ruchy Browna: $\Delta = \sqrt{\frac{R\theta}{N}\frac{1}{3\pi\eta a}t}$

Tak samo, rozważając ~~dwa zgęszczenia ze sobą~~ ~~[illegible]~~ elementy przestrzeni ~~o jednakowej objętości~~, napełnione gazem idealnym, rozdzielone ~~dwie połowy~~ i w drugiej połowie — jest równie prawdopodobny jest pobyt w drugiej, jeśli w całości ~~[illegible]~~ znajduje się N drobin, to nie rozdzielą się one dokładnie na równe części, tylko prawdopodobnie liczba ~~[illegible]~~ w jednej części będzie o $\sqrt{N}$ większa niż w drugiej. ~~[illegible]~~ ~~mniejsza niż~~ Procentowe zgęszczenie lub rozrzedzenie jest zatem proporcjonalne do $\frac{1}{\sqrt{N}}$, oczywiście zatem nierówności te tym silniej występują czem mniejsza liczba drobin, ~~[illegible]~~ i mamy tu bezpośredni sposób oznaczania tej liczby z tego rodzaju obserwacji.

Podobne zjawiska muszą też występować w dziedzinie elektryczności; ale dotychczas tylko w jednym wypadku dały się one stwierdzić, który Świadczy do zjawisk nieodwracalnych, tj. w wahaniach liczby cząstek β i α wysyłanych przez ciała promieniotwórcze (badania Schweidlera, Rutherf. i Geigera.) Tu zaś z ~~nadzwyczajną~~ wielką precyzją stwierdzić dały się zgodność wzoru zupełnie analogicznego do wzoru wyprowadzonego.

Po omówieniu jakościowych dowodów atomistyki oraz zjawisk stanowiących dla wyodrębniających liczbę drobin atomów przechodzimy wreszcie do trzeciej kategorii zjawisk, do dowodów najczystszych tej natury pojedynczych atomów i obserwacji. ~~To zdaje się dotychczas tylko dla atomów elektrycznych i jest to~~

Jeżeli chodzi o obserwacje pojedyńczych drobin materyalnych, to do tej kategorii zaliczyć możemy także owe ruchy Browna, gdyż owe cząstki zawieszone zupełnie w roli drobin — ale jeżeli nam chodzi o atomy, to takieśmy zdobyczami dotychczas poznać się może tylko atomistyka elektryczności.

~~Wkrótce~~ Dużego rzędu nabyły owe słynne (już wspomniane doświadczenia Rutherforda i Geigera oraz Regenera, w których liczono cząstki α i oznaczano ładunek ich, ale tu chodziło o atomy ~~[illegible]~~ dodatnio elektryczne poruszające się z ogromną szybkością i wskutek tego ~~[illegible]~~ wywołujące ~~[illegible]~~ zjawiska. Jeszcze ~~się~~ dokładniejsze są jednak owe doświadczenia Millikana (potwierdzone przez) ~~[illegible]~~ stanowiące ostatecznie wydoskonalenie ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ metody przed $10^{\frac{1}{2}}$ lat wymyślonej przez Thomsona i dalej opracowanej przez H.A. Wilsona, Ehrenhafta i innych, w których mierzono ładunek rzędu 10^{-10} jednostek elektrostat. dodatnio elektryczne (znajdujące się na mikroskopijnie drobnych kroplekach oliwy w powietrzu się unoszących. Ruch ~~tych kropelek~~ takiej kropelki dążący się śledzić celnymi pomiarami, opadanie jej pod wpływem ciężkości, unoszenie się ~~[illegible]~~ wskutek ciągłego odpowiednich zastosowanego pola się elektrycznego daje sposób określenia jej ładunku (przy pomocy prawa Stokesa) z zdumiewającą dokładnością. I pokazało się że ~~istotnie~~ owe ładunki są wprawdzie różnej wielkości, ale zawsze są dokładnie wielokrotnościami liczby $4{,}891 \cdot 10^{-10}$ ... którą zatem jako ów atom elektryczny uważać możemy.

$$\frac{\sqrt{9657 \cdot 0.00009} \cdot \frac{1}{2}}{4.89 \cdot 10^{-20}} \qquad 0.833$$

$$\frac{3 \cdot 10^{10}}{0.9657 \cdot \frac{0.00009}{1.63}} \cdot \frac{1}{2} \qquad 10^{20} = 0.88886 : \frac{1.63 - 0.5}{1.68} = 4$$

0.2665

5.36

4.96

Zastanówmy się obecnie jak z punktu widzenia tych wszystkich w ostatnich latach dokonanych badań się przedstawia kwestya liczby i rozmiarów atomów. W literaturze naukowej znajdyje się kilkadziesiąt różnych (takowanych sposobów) ~~metod~~ określenia rozmiarów drobinowych, gdyż tak w fizyce nazywają prawie każdy rachunek z którego wynika coś co rzędu wielkości 10^{-8} cm. Ale jeśli szukamy ~~pomiędzy nimi~~ racyonalnych i ścisłych metod — to ostatnie się z nich bardzo niewiele. Dopóki chodziło tylko o rząd wielkości, można było się oprzeć na tradycyjnej ~~wzięta nie zał. wytłumaczenia~~ metodzie kinetycznej teorji gazów, a pochodzącej od Loschmidta, polegającej na obliczeniu drogi swobodnej $d = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n \delta^2}$ ze zjawisk dyfuzyi, albo lepkości lub przewodnictwa cieplnego i skontrolowaniu jej z objętością drobin $\frac{4}{3}\pi n \delta^3$. Dziś to nam nie wystarcza, bo liczbowy wynik rachunku zależeć musi od nieznanego nam prawa sił między drobinowych, które w owych zjawiskach wchodzi w rachuby. Takie druga dana, rzeczywista objętość drobin nie da się dokładnie oznaczyć, po pierwsze bo prawo Van der Waalsa którego tu używamy nie jest dokładnie ścisłe, a przedewszystkiem bo drobiny w ogóle nie posiadają rzeczywistej objętości. Powszechny pogląd jakoby drobiny były ~~w szczególności jako~~ ziarnami ~~kulistych~~ o niezmiennej wielkości, jest ~~[illegible]~~ zupełnie sprzeczny z dzisiejszym stanem nauki, i utrzymuje się tylko jeszcze dlatego że ~~jest~~ ułatwia nam wyobrażenie obrazki temu że ciała widzimy jakoby przez w bilard.

~~Jeszcze~~ Tem więcej dziś pomnożyć trzeba metody oznaczania ~~[illegible]~~ liczby drobin przy pomocy współczynnika załamania optycznego albo stałej dielektrycznosci, gdyż hipotezy Clausiusa-Mossotiego (tłumaczą im jako strukturze dielektryków) podstawy dzisiaj już tylko ~~jako~~ z punktu widzenia nas interesującego, jako zabytek naszych przedelektronowych czasów. Jak zatem wszystkie liczby podane np. w OE Meyera Gastkowi są bezpodstawne i wcale nie potrzebujemy się zastanawiać nad tem, czemu jeden sposób obliczenia daje 8 razy ~~tak dużo~~ większe wartości niż drugi.

~~Zdaje się że~~ Dzisiaj mamy tylko dwie drogi do oznaczenia tych wielkości: jedną opartą na ruchach Browna i pokrewnych zjawiskach, drugą na wspomnianych poprzednio sposobach (bezpośredniego) określenia ładunku elektronowego. Możnaby jeszcze pomyśleć o metodzie opartej na zjawiskach opalescencyi gazów, na absorpcyi i widzie słonecznego w atmosferze, ~~ale metoda ta~~ która niedawno mówiono zastosowaną została po raz pierwszy przez Rayleigha a teraz znów wróciła przez — Daner i Kolin (Nature ?)

ale ~~[illegible]~~ metoda ta podlega znacznym trudnościom doświadczalnym, a co ważniejsze także zarzutom teoretycznym, tak że nie może ona jak tylko konkurować z poprzednio wspomnianemi sposobami.

~~Dziś trzeba najpierw~~ Według pomiarów wykonanych przez Perrina wzięte z p. Dębowskiego i Chandrasekhara nad ruchami Browna wynikałoby $70 \cdot 5 \cdot 10^{22}$ $3 \cdot 17 \cdot 10^{19}$ jako liczba drobin zawartych w $1\,cm^3$ gazu w normalnym stanie.

Zdaje się że określenie ładunku elektronowego przy pomocy promieni α większym podlega błędom doświadczalnym, natomiast oznaczenie jego metodą kropelek spadających przez Millikana ~~zdaje się~~ ~~jest~~ zasługuje z pewnością dzisiaj na największe zaufanie. Łącząc ~~tu~~ jego wynik ze znanym elektrokinetycznym (równoważnikiem pomiarowym) otrzymujemy zawsze poprzednio podaną liczbę wartość: 2·67

Które z tych dwóch kierunków zbliża się do rzeczywistości ~~trudno dotychczas orzec, na podstawie pierwszego~~ ~~rodzaju~~ Dopóki te jednak pomiary nie zostaną powtórzone przez większą liczbę badaczy, nie podobna rozstrzygnąć.

Metoda Millikana jest bezpośrednia i wynik jej jest ~~wątpliwy~~ dzięki wielkiej liczbie oznaczeń ~~mało~~ bardzo mało się różniących między sobą, ale nie wiadomo, czy zarzut ~~obrachunkom~~ błędu pierwszego rzędu, co zarzuca dla tego może zostawiać na dobrem zaufaniu

(opartym na metodach Bravna i równowagi powierzchniowej zawiesin) chyba może zbyt małą koncentracją używanej zawiesiny (gdyż według Svedberga badań większej koncentracja ta wytwarza wpływ wpływ).

Powrót ~~jest~~ nam do omówienia (~~próby~~ syntezy spekulacyj atomistycznych i elektronowych: badania nad strukturą nad budową atomów. Że w ogóle o tych problemach dzisiaj na nie naukowo można dyskutować, to jest niedwuznacznie zasługą prac ostatnich kilkunastu lat. Wyników pewnych, ściśle naukowych do dziś dnia jednak podać nie można, gdyż spekulacje różnych badaczy ~~te~~ zabrnęły w punkty wyjścia całkiem odmienną przybierają postać i próby połączenia ich ~~dotychczas~~ pozytywnego rezultatu nie wydały.

~~Hipotezy~~ Pewna jest jedna rzecz: że atomy muszą się składać z odrębnych ~~tworów~~ bardzo odrębnych elektronów ujemnych i równoważnego im dodatniego, ale liczba ich i sposób połączenia z sobą zjawiskowy dodatniego ~~są~~ są nieznane.

Najdalej zmierzamy i w najlepiej opracowaną jest teoria Dr. Thomsona, ~~zwracając atomy z dróg kół~~ oparta na rozważaniach co do stałości równowagi wewnętrznej atomowej struktury i co do związku z przypuszczalnym systemem atomowym, według której atomy byłyby ~~stanowiłyby~~ złożone z ~~kul~~ dodatniego na bryły elektrycznej, wypełniającej z jednostajną gęstością przestrzeń kulistą, oraz z elektronów ujemnych, ~~ułożonych~~ ułożonych w jej wnętrzu w warstwach koncentrycznych. ~~Liczba tych elektronów byłaby według nie dawno ogłoszonego teoretycznego obliczenia 1/4 liczby masy więcej równa 1/4 potrójnej liczby ciężaru atomowego (~~ołowiu~~ (względem wodoru)~~

Dowodzi sądzono, że ~~tysiąc elektronów~~ tysiące przypisywano ich budowie atomowej elektronowej muszą się składać na jeden atom ~~wodoru~~, tym razem nowe badania Crowthera nad rozpraszaniem promieni β przez materię oraz z teoretycznemi ~~wyn~~ obliczeniami Thomsona wykazywały że liczba ich ~~jest tylko~~ równa się tylko mniej więcej ośmiokrotnym ciężarom atomowym (względem wodoru), zaś z nie dawno ogłoszonych teoretycznych rozważań ~~Wilsona~~ wynikałaby ~~tylko~~ liczba jeszcze mniejsza równa potrójnym ciężarom atomowym. W takim razie budowa materyi musiałaby ~~być przedewszystkim~~ zawdzięczać przedewszystkim elektryczności dodatniej, to jest temu co dotychczas jest najdalej zagadkowem, i na co zapewne może dopiero dalsze wydoskonalenie badań nad promieniami kanałowemi, w ostatnich czasach tak świetnie prowadzonych — przez Thomsona może mieć pewne światło.

~~Teorya~~ Thomsona (pokazała że jego teorya mogłaby) także ~~do pewnego stopnia mogłaby~~ wytłomaczyć niestałość budowy atomowej (w pewnych wypadkach występującą oraz) i wyrzucania cząstek β, ale wielkie trudności sprawia wyjaśnienie, czemu w innych razach rozkład atomu połączony jest z wyrzucaniem cząstek α.

Te zasadnicze ~~fakty~~ ~~teoryi~~ usterki promieniotwórczości zaś tworzą punkt wyjścia teoryi Starka o budowie atomu z „archionów". Ostatnio znów Rutherford w świeżo ogłoszonej pracy, oparty na ~~stara się dowieść~~ ~~[illegible]~~ zjawiskach ~~ich~~ absorpcyi promieni α i β ~~ku~~ ~~tłumaczy~~ wyjaśnia teoryę że atomy ~~są~~ złożone z silnego naboju centralnego (ujemnego lub dodatniego) i dokoła niego (równomiernie w pewnej odległości) rozmieszczonego naboju przeciwnego.

Nowe trudności podnoszą się, jeżeli chcemy wytłumaczyć zjawiska absorpcyi i dyspersyi światła. Z góry ~~[illegible]~~ ~~można by~~ ~~przypuścić~~, ~~iż~~ wszystkie elektrony ~~atomy~~ podlegają udział ~~biorą~~ każdej w drganiach ~~światła~~ elektromagnetycznych ~~przechodzącego przez materyę~~ i zdawało się później, że liczba ~~tych~~ elektronów odpowiadających na drgania elektromagnetyczne jest pewną niewielką ogólną wielokrotnością ciężaru atomowego.

Nowsze badania jednak wykazały, że w licznych wypadkach zupełnie liczba elektronów dyspersyjnych jest bez porównania mniejsza niż liczba atomów, tak że na ~~sto~~ tysiąc albo dziesiątki tysięcy atomów przypada tylko jeden elektron dyspersyjny.

~~Jak~~ ~~Wyjaśnić to wszystko czyniąc założenia w jednej całkowity obraz ~~budowy~~ struktury atomu~~

Która z różnych dróg wymienionych tu wskazanych się okaże najwłaściwszą, jako wiodąca ~~[illegible]~~ do syntezy ~~to jest i zadaniem przyszłości~~ tego dzisiaj orzec nie możemy. ~~Ale~~ To nam daje wszakże pewność w tych usiłowaniach, że przynajmniej widzimy jasno przed sobą drogę, która ~~może~~ musi wiodą do postępu w te—   , a ~~[illegible]~~ niezależnie niemi tymi zadaniami badania nad rozpraszaniem promieni α i β oraz badania promieni kanalowych wydają się obiecującemi.

XIX

[51]

Atomistyka

Wenn wir es versuchen ein Bild des Entwicklungsganges der Atomistik zu entwerfen, so begegnen wir ~~sie~~ schon von allem Anfang an einer grossen Schwierigkeit: Was sollen wir als Beginn dieser Evolution ansehen, wen sollen wir als Schöpfer der atomistischen Theorie verehren? Dem Herkommen gemäss hätten wir den altgreichischen Philosophen diese Ehre zu erweisen, insbesondere dem Leukippos, von welchem der Name Atom stammt, und dem Demokritos aus Abdera (cca. 400 v. Ch.), welchen unsere Lehrbücher ~~als~~ für den eigentlichen Urheber der Atomistik ausgeben.

Kenner der altindischen Litteratur belehren uns jedoch, dass schon ein altindischer Philosoph Kanada ein philosophisches System Vaiseshika ~~erfunden~~ erdacht habe, demzufolge Alles, ~~u~~ Erde, Wasser, Feuer, ja sogar Raum, Zeit, Vernunft aus Atomen (genannt anus) zusammengesetzt sein sollte; ~~da~~ vielleicht war das System der griechischen Philosophen somit nur ein Wiederhall jener indischen Lehren. Wer weiss aber, ob es nicht noch Vorläufer jener Weisen gegeben hat, ~~von denen~~ deren Namen vollständig verschollen sind?

Doch fragen wir: Handelt es sich denn bei alledem um Atomistik im Sinne einer wissenschaftlichen Theorie? ~~Der~~ Der Heutige Naturforscher ~~von heute~~ wird ~~werden~~ wenig Nutzen aus einem Studium der griechischen Atomistik schöpfen. ~~Heute schafft der~~ Heute schafft man In den exacten Wissenschaften werden heute Theorien und Hypothesen zu dem Zwecke geschaffen, um die experimentell erforschten ~~festgestellten~~ Naturgesetze zu erklären, das heisst um ~~die~~ deren verwickelte Formen und Wechselbeziehungen unserem Geiste Verstande näher zu bringen verständlich zu machen. Jene Weisen nahmen sich jedoch gar nicht die Mühe ~~u~~ einer exacten experimentellen Naturforschung. ~~Merkwürdig~~ Sonderbar berührt uns heute z.B. der Mangel von Beobachtungssinn de (bei ihrem Hange zum Spekulieren) Heute wundern wir uns wie wenig Beobachtungssinn selbst bei z.B. ein Aristoteles besass und sehen mit Staunen dass – vielleicht mit Ausnahme der Astronomie die factische Naturkenntnis jener Zeiten weit über den Bereich der

naiven, so äusserst irreführenden Erfahrungen des täglichen Lebens hinausging. Da sie also das zu Erklärende nicht kannten, konnten sie auch keine wissenschaftlichen Theorien schaffen, so wie man nicht Krieg führen kann solange man nicht weiss gegen welchen Feind es gehen soll.

Die heutige Physik stützt sich auf jene primitive Atomistik nicht, denn es sind das eigentlich nur zwecklose phantastische Spekulationen und nichts beweisen und überhaupt wenig höher stehen als die indischen oder persischen theosophischen Systeme oder die mythologischen Fabeln der germanischen Völker. Sie mögen ja für Philosophen und Historiker gewiss von Interesse sein, sie mögen das Entstehen und die Verbreitung atomistischer Ideen psychologisch begreiflich machen, aber es sind das keine wissenschaftlichen Theorien, denn man kann diese Bezeichnung nicht phantastischen ohne faktische Begründung vorgebrachten Behauptungen nicht mit diesem Namen belegen.

Auch die folgenden zwanzig Jahrhunderte brachten in dieser Beziehung wenig Fortschritte und selbst in den Schriften von Gassendi, Boyle, Daniel Bernoulli findet man kaum nur Spuren einer vom heutigen Standpunkt als rationell anzuerkennenden Begründung der Atomistik.

Aus dem Stadium der phantastischen Spekulation ist die Atomistik in das Stadium der einer exakten wissenschaftlichen Theorie eigentlich erst im XIX Jahrh. übergetreten, als Dalton 1805 die einfachen zahlenmässigen Beziehungen die von ihm beim Entstehen chemischer Verbindungen bemerkt wurden das von ihm erkannte stöchiometrische Grundgesetz durch Einwirkung auf die Verbindung unveränderlicher Atome zu Gruppen, Molekülen, vereinigen, welche seit Berzelius 1820 durch die bekannten Molekularformeln bezeichnet werden — und als Avogadro 1811 aus in Gesamtheit stattfindenden chemischen Umwandlungen schloss, dass diese Moleküle in allen Gasen (bei gleichem Druck und Temp.) in gleicher Anzahl pro Volumeinheit vorhanden sind und damit eine neue Richtung der chemischen Prozessen bei einfache Bestimmung des relativen Vergleichung der Molekulargewichte ermöglichte. Diese Anzahl, damals ganz rätselhaft, können wir heute mit ziemlicher Bestimmtheit angeben und zwar übrigens zu $3 \cdot 10^{19}$ pro cm^3.

Aus dem Gebiete der Chemie in die Physik übergepflanzt hat sich nun die atomistische Theorie erst voll entwickelt als sich die Anschauung Bahn brach, dass die Wärme auf der Bewegung jener Moleküle und Atome beruhe und als man von diesem Gesichtspunkt aus das Grundprinzip der modernen Physik, das Prinzip der Erhaltung der Energie, zu verstehen lernte.

Seitdem sind die atomistischen Vorstellungen untrennbar mit der Annahme einer fortwährenden Bewegung der Elementarteilchen verbunden, die Atomistik ist in der Physik ~~ist nur seit dem gleichbedeutend mit der kin~~ zur kinetischen Theorie geworden.

Es ist ja bekannt dass Clausius Maxwell und a. von solchen Annahmen ausgehend nicht nur die empirisch erkannten Eigenschaften der Gase zu erklären vermochten, indem sie erklärten, dass sie die mathematischen Gesetze ~~die betreffs~~ ableiteten welche die Erscheinungen der Compressibilität, Wärmeausdehnung Wärmeleitung, Zähigkeit, Diffusion usw. regieren, sondern dass sie auf Grund theoretischer Berechnung eine ganze Reihe von Erscheinungen vorausgesehen wurden, welche erst ~~a~~ hinterher experimentell ~~bestätigt~~ constatiert wurden. ~~Ein~~ Solches Triumphe der kinetischen Theorie waren unter anderen die Bestätigung der Tatsache dass die Zähigkeit der Gase gar nicht von deren Dichte abhängt sowie die Bestimmung der spez. Wärme des Quecksilberdampfes, als des ersten damals bekannten einatomigen Gases.

So schien 50 Jahre nach Dalton die ~~atomistisch~~-kinetische Theorie gewissermaßen ~~unerschütterlich~~ ~~Grundlage~~ begründet zu sein ~~da~~ als gerade einige auf einfache Weise ja sie ~~begann~~ trat sogar in eine neue ~~Phase der~~ Entwicklungsphase indem sie die Eigenschaften der Flüssigkeiten in ähnlicher Weise wie früher jene der Gase zu erklären versuchte, als sich gegen sie eine mächtige Reaktion erhob.

~~Es~~ Betrachten wir näher die Motive ~~des~~ der gegen dieselbe gerichteten ~~Angriffe~~ Bewegung. Sie entsprangen teilweise allgemeinen philosophischen Anschauungen, teilweise konkreten wissenschaftlichen Argumenten. Vor Allem muss man offenbar zugestehen dass ~~die~~ eine ~~wissenschaftliche~~ Hypothese dadurch allein noch nicht bewiesen wird, dass sie eine Reihe von Tatsachen erklärt, denn daraus folgt noch nicht dass keine andere Erklärungsweise möglich ist. ~~Dadurch~~ ~~immer bleibt die Möglichkeit~~ Nach s. O. erklärten sich die Unmöglichkeit einer ~~überhaupt~~ prinzipiell gegen die Einführung von unbeweisbaren Hypothesen, wie die von der Existenz der Atome, in die Physik.

~~Ja Jedem~~ Atome kann man nicht sehen, noch weniger ihre Bewegungen ~~beobachten~~ beobachten. Wahre ~~Die~~ Wissenschaft ~~muss~~ ~~soll~~ muss exact und strenge verfahren ~~hypothesenfrei bleiben~~, aus ihr muss alle ~~entfernt werden~~ das vorsichtlose problematischen, metaphysischen, anthropomorphischen Elemente entfernt werden. Weg Hinaus mit allen ~~den~~ Hypothesen!

Nach nennt die Atomistik eine naive, kindische und zum Mindesten überflüssige Hypothese. ~~Ostwald~~ Ostwald kämpft gegen jeden Versuch eines Bildes

Ostwald kämpft gegen jeden Versuch die Naturvorgänge durch Schaffung von Bildern zu verkindert als Ideal die Schaffung einer hypothesenfreien Wissenschaft

Er hat es tatsächlich zuwege gebracht in seinem kurzen Lehrb. d. C. ? einen Abriss dieser Wissenschaft ohne Benützung der Begriffe der Atome und Molekülen zu geben. Allerdings macht dieses Werk den Eindruck einer sehr gekünstelten Conversation, in der ~~welcher~~ absichtlich gewisse als shocking angesehenen Worte vermieden werden, welche die ganze Discussion ungemein vereinfachen und erleichtern würden wenn man sie anwenden gebrauchen dürfte.

~~Aber was nach wichtiger ist,~~ Überdies Ausserdem aber ~~übersieht~~ scheint Ostwald ~~bei einer~~ ~~Theorie~~ bei ängstlicher Vermeidung aller ~~auf~~ auf der Hypothesen ~~Atomistik~~ beruhenden Begriffe vollkommen zu übersehen wie viel Hypothetisches selbst einführt wenn er alles physikalische und chemische Geschehen ~~Vorgänge~~ ~~als~~ auf ~~gewisse~~ verschiedenartige imponderable Energiearten zurückführt und denselben dann er eine objektive Existenz zuschreibt. Das ist ~~wie~~ zugleich zeigt zugleich die schwache Seite jener Einwände. Zugleich die beste Antwort auf jene Einwände.

Kann man ~~in der~~ im täglichen Leben oder in der Wissenschaft ohne Hypothesen auskommen? Eine Hypothese ist es, dass ~~es~~ morgen ~~der~~ einen Sonnenaufgang geben wird und ebenso: dass wir einstmals ~~dass~~ sterben werden. Ebenso ist der Wissenschaft: ~~ohne die~~ Keinen Schritt können wir machen ohne uns auf Hypothesen zu stützen. Theorien und Hypothesen, selbst solche an deren objektiver Wahrheit wir aus irgend welchem Grunde nicht glauben, ~~sind~~ bedeuten aber einen grossen Fortschritt wenn sie unserem ~~Denken zu~~ Denkvermögen das Verständnis der Naturerscheinungen erleichtern und wenn sie uns auf die Entdeckung neuer Tatsachen führen – wie etwa die Atomistik.

Andererseits ~~erhoben sich~~ wurden damals von Neuem gewisse Einwände laut (welche mit Zangen von philosophischer Seite (—) erhoben worden waren: Beruht die atomistische Theorie nicht eigentlich auf einer Zirkelerklärung? Die Trägheit der Materie wird ja auf die Trägheit der Atome zurückgeführt, die ~~Elastizität~~ chemische von elastischen Körpern ausgeübten Kräfte werden durch zusammen Stösse elastischer Atome erklärt, überhaupt wie Lord Kelvin ~~sind~~ mit einer gewissen Übertreibung bemerkte: Kann die Atomistik keine Eigenschaft der Materie erklären mit welcher sie nicht vorher schon die Atomen bekleidet bekleidet hat. Ist das somit nicht eine Zirkelerklärung?

Dieser Einwand ~~war~~ mag vielleicht gegenüber den Spekulationen der griechischen Philosophen gerechtfertigt gewesen sein aber nicht gegenüber der modernen Atomistik – denn ihr Zweck ist ja nicht die Erklärung des Wesens der Masse, Kraft usw. sondern die Erklärung der speziellen mathematischen Formen der Naturgesetze. Dass nämlich die Elastizität der Gase

gerade dem Boyle-Charles'schen oder V. der. Gesetze folgt und nicht irgend einem anderen ebenso gut 17
denkbaren Gesetz usw. Ebenso ist auch dem Maler die chemische Zusammensetzung seiner Farben ganz gleichgeltig, sofern derselbe nur Gestalt und Farbe des dargestellten wiedergeben

Jene Einwände beruhen somit eigentlich nur auf einem Missverständnis betreffs des Wertes und der Bedeutung physikalischer Theorien. Weltanschauungsmässig erweisen sich bedenklicher ist dagegen ein von Seite der mathematischen Physik erhobener Einwand, welcher gegen die Grundbegriffe der Atomistik gerichtet, welcher wenn er berechtigt wäre diese ganze Theorie umstossen müsste.

Es handelt sich darum: Wenn wir nämlich alle speziellen Fragen betreffs der Eigenschaften der Atome bei Seite lassen, finden wir eine allen modernen wie auch immer construierten atomistischen Theorien gemeinsame Idee von grundsätzlicher Bedeutung: dass die Naturgesetze als Resultate des Schicksals der mit einzelnen Atomen aufgefasst werden, also als Ausdrucke Ausfluss einer grossen Anzahl individueller Ereignisse, die im Einzelnen von denen ein jedes von zufälligen Umständen abhängt, die aber in ihrer Gesamtheit grosse Gesetzmässigkeiten aufweisen.

Es wird also dieselbe Methode angewandt wie in den sozialpolitischen Wissenschaften: die auf Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen fussende statistische Methode.

Aber wenn dies richtig ist, wenn wirklich die Eigenschaften der materiellen Körper ein Ausdruck des Gesetzes der grossen Zahlen sind, so müssen doch ausser den gewöhnlichen, wahrscheinlichen Erscheinungen hin und wieder auch aussergewöhnliche, sogar ganz unwahrscheinliche auftreten, ebenso wie es vorkommt dass jemand der Sterblichkeitstafel zum Trotz ein ungewöhnliches Alter erreicht oder dass ein Spieler von ungewöhnlichem Glück begünstigt wird.

Wo gibt es also in der Physik solche Erscheinungen welche das Walten des blinden Zufalls demonstrieren, welche Abweichungen vom normalen Verhalten der Körper.

Nehmen wir ein spezielles Beispiel: Wir sagen, dass die Wärme auf den unregelmässigen zufälligen Bewegungen der Moleküle beruht. Wenn das richtig ist, wenn sie zufällig sind, so kann es auch vorkommen, dass alle Moleküle des Körpers ihre Bewegungsrichtung zur selben Zeit in dieselbe Richtung annehmen, dass somit jener Körper sich infolge der inneren Wärmebewegung selbst ständig von der Stelle bewegt.

~~Dann~~ Ist je derartiges vorgekommen? Das wäre ja ein krasser Widerspruch mit dem als Erfahrungssatz geltenden zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, ~~welcher~~ demzufolge eine selbst tätige Umwandlung von Wärme in Arbeit ~~ausgeschlossen~~ unmöglich ausgeschlossen ist.

~~Sonst~~ Wenn solche Erscheinungen möglich wären könnte man ja ein perpetuum mobile construieren welches fortwährend Arbeit (aus diesem würde) auf Kosten der von Umgebung aufgenommenen Wärme.

Ebenso, ~~wenn~~ falls ~~bei der~~ die Lage eines Molekülls ~~in einem~~ des ein Gefäss erfüllenden Gases nur vom Zufall abhängt, ~~kann da~~ wäre es möglich könnte es doch geschehen dass jenes Gas sich von selbst in einen Teil des Gefässes zurückzieht und den Rest leer lässt. Oder wenn es sich um ein Gemisch zweier Gase, sagen wir ~~wie~~ Stickstoff und Sauerstoff handelt, könnte es geschehen dass es sich von selbst in seine Bestandteile spaltet

Derartige Diese Einwände, und damit zusammenhängende andere Überlegungen welche einen inneren ~~welche sich auf in mathematischer Form als~~ Widerspruch der mechanischen Erklärungsweise mit ~~der~~ der Irreversibilität der Naturvorgänge zu beweisen schienen, bildeten eine ernste Schwierigkeit für die kinetische Theorie.

Boltzmann der grosse Vorkämpfer für jene Theorie, wollte zwar mathematisch beweisen, dass ~~jene~~ solche Abweichungen ~~der~~ vom normalen Verlaufe der Naturerscheinungen ~~zwar tatsächlich vorkommen aber~~ in Anbetracht der kolossalen Anzahl der Atome in der Praxis Regel ~~verschwindend~~ nicht wahrnehmbar sein würden, obwohl sie tatsächlich vorkommen müssten, doch ~~[illegible]~~ schien dieser Ausweg den Gegnern ~~[illegible]~~ wenig überzeugend.

In einem Lehrbuche der kin. Gastheorie ~~[illegible]~~ in den Jahren 1895 herausgegeben ~~sagt~~ klagt Boltzmann dass die kin. Gastheorie „aus der Mode gekommen sei" und gibt als Zweck seines Buches an: ~~[illegible]~~ dasjenige zu der Vergessenheit zu retten was schon bekannt ist, damit es nicht ein zweites Mal von Neuem entdeckt werden müsse!

Wie haben sich die Ansichten im Laufe des folgenden Jahrzehntes geändert!

Vor Allem hat sich gezeigt dass ~~die~~ jene Erscheinungen die man damals als unmöglich, als ~~mit~~ der Thermodynamik widersprechend somit auch, tatsächlich experimentell nachweisbar sind. ~~Und~~ Dabei handelt es sich jedoch nicht um etwas vollständig Neues ~~Erscheinungen~~, sondern um längst bekannte Dinge entdeckte welche jedoch bisher unverständlich geblieben waren und welche man erst jetzt von jenem Gesichtspunkt aus begreifen verstehen lernte.

Schon im Jahre 1827 ~~bemerkte~~ machte der englische Botaniker Brown die Bemerkung dass ein jedes hinreichend kleine Teilchen einer beliebigen jeder Substanz, sobald es in einer Flüssigkeit schwebt, kleine unregelmässige Bewegungen ausführt, ~~die~~ und er selbst nannte dies (bei starker mikroskopischer Vergrösserung sichtbare) schon damals Molekularbewegung — allerdings ohne nähere Motivirung dieses Ausdrucks zu machen. Der Name blieb erhalten, obwohl die dadurch ausgedrückte Anschauung später aus verschiedenen Gründen verworfen wurde; überhaupt wurden man keinerlei genauere Messungen dieser Erscheinung unternommen, obwohl ~~ein jeder~~ dass trotzdem sie seitdem von einem jeden Naturforscher ~~sie sahen~~ unzählig mal beim Mikroskopieren ~~sind~~ bemerkt wurde und trotzdem ~~H.~~ Odasewski in J. 1882 auf ähnliche ~~Bew~~ Bewegungen hinwies welche von Rauchteilchen in Luft ausgeführt werden.

In diesen vielbändigen physikalischen Ency klop.. und Sammelwerken und Handbüchern — findet man soweit sie vor d. J. 1906 erschienen sind — kein ~~Wort~~ Wort über die Existenz der B. O.; man musste damals förmliche bibliographische Forschungen unternehmen, wenn man sich ~~darüber~~ über dieselbe aus der wissenschaftlichen Litteratur unterrichten wollte: die offizielle wissenschaftl. Lehre hatte sie vergessen.

Erst damals lenkten theoretische Physiker die allgemeine Aufmerksamkeit auf die in der Brown'schen Bewegung indem sie ~~taten~~ mit Hilfe mathematischer Analyse bewiesen, dass Alles was man von derselben wusste, die Grösse der Verschiebungen, ihre Abhängigkeit von der Grösse der sich bewegenden Teilchen, sowie von der Art des ~~Ob~~ umgebenden Mittels, ~~sich~~ ~~damit~~ mit den Folgerungen übereinstimmten ~~die~~ die sich aus der atomistisch kinetischen Theorie ableiten liessen.

Seitdem haben ~~die Art~~ neuere präzise experimentelle Arbeiten einer Reihe von Forschern diese Resultate ganz unzweifelhaft erwiesen. Sogar Ostwald welcher bis dahin einen erbitterten Kampf gegen die Überzeugung ein so erbitterter Gegner der Atomistik wie Ostwald ~~bekannte~~ erklärte sich selbst im Jahre 1908 zu ~~dieser~~ derselben bekehrt, und zwar durch die Brown'sche Bewegung sowie gewisse Erscheinungen, von denen weiterhin die Rede sein wird. „ ... "

~~Nun der~~ Erst jetzt da Da nun der Führer der energetischen und antiatomistischen Schule mit bewundernswürdiger Selbstverleugnung die Berechtigung der Anschauung anerkannte, welche er viele Jahre hindurch ~~mit~~ leidenschaftlich bekämpft hatte, verstummte die Opposition gegen die Theorie welche wir heute besprechen.

~~Consequenzen~~ Die Forschungen über die Brown'sche B. haben ~~ist~~ tatsächlich von ~~mit~~ enormer grosser Tragweite gezeitigt. Der sogenannte Widerspruch ~~zwischen~~ der Atomistik und Thermodynamik

hat seine Aufklärung gefunden aber derart dass die erstere den Sieg davon trug, dagegen letztere als eine grob angenähert geltende Regel erkannt wurde. Die Perp. M. ist ja ein solches perp. mobile, im kleinen Massstab, dessen Existenz Unmöglichkeit früher als sicher evident galt.

In der Praxis hätte man allerdings (wenig Aussicht Erfolg) ~~die Bewegung~~ in unterbrochene Energie ~~auf Kosten~~ die Wärme der Umgebung mit Hilfe der mit unsern jetzigen technischen Hilfsmitteln Erscheinung ~~zwingen~~ umwandeln zu wollen.

Aber wenn etwas nur von der Vervollkommnung der technischen Hilfsmittel abhängt, so ~~ist~~ braucht man die ~~schon die~~ Hoffnung einer zukünftigen Verwirklichung nicht aufzugeben, dass es in Zukunft gelingen wird. Es handelt sich ja hier bloss um die Construktion eines Apparates welcher die Schwankungen des Zufalls so vorzüglich ausnützen würde, wie das M. die ~~Zahl~~ Lotterie tut, welche jährlich dem Staate viele Millionen Einkünfte einbringt. Ich gestehe ~~zwar~~ nun dass ich persönlich die Herstellung eines perpet. m. (der zweiten Art) nicht als ~~eine~~ absolute Unmöglichkeit ansehe und; ~~ich glaube~~ heutzutage ~~gibt~~ dürfte es schon mehr ~~die~~ solche Physiker geben, welche man vor Kurzem noch als Utopisten und ~~Kauzen~~ Kletzer ~~sog~~ verschrien hätte.

~~Aber~~ Von ausserordentlicher Wichtigkeit ist überhaupt der Nachweis des Waltens des Zufalls in diesen Erscheinungen. Denn es sind ja die zufälligen Unglichförmigkeiten der Molekularstösse welche jene so merkwürdigen von Gouy entdeckt als ~~Alle~~ mit dem Wimmeln von Ameisen verglichenen Brownschen Bewegungen hervorrufen.

~~Durch~~ Diese Rolle des Zufalls liess sich ebenso auch in gewissen anderen Fällen –

Wie schon vorher erwähnt, hängt die ~~die Lage~~ augenblickliche Lage eines Moleküls innerhalb des ganzen Molekülhaufens von zufälligen Umständen ab, ~~und dadurch kann es nicht an~~ ~~kinnen~~ Die Moleküle können also gar nicht vollkommen regelmässig, gleichförmig angeordnet sein, sondern es müssen stellenweise zufällige Verdichtungen, an anderen Stellen Verdünnungen auftreten.

Diese Folgerung wie die theoretisch berechnete Grösse dieser Ungleichförmigkeiten ~~wurden~~ sind tatsächlich von Svedberg durch Zählung der in kolloidalen Lösungen schwebenden ultramikroskopischen Teilchen bestätigt worden. Einzelne Atome und Moleküle der gewöhnlichen Substanzen kann man natürlich auch in den modernen Ultramikroskopen nicht wahrnehmen, aber man kann doch die ~~Anwesenheit~~ Existenz ~~der stellenweisen~~ localer Anhäufungen derselben erkennen, und zwar mit Hilfe auf Grund der unter dem Namen Tyndall's Phänomen bekannten Opaleszenzerscheinungen

Es handelt sich da um die allgemein bekannte Erscheinung dass ein

Diese Opaleszenzerscheinungen, welche das für sog. trübe Medien charakteristische Merkmal bilden, treten auch in Gasen ~~auf und zwar insbesondere~~ in der Nachbarschaft des kritischen P. und sie ~~beweisen~~ zeugen für die sozusagen körnige Struktur des Mediums welche von jenen ~~of~~ lokalen Anhäufungen herrührt, die im kritischen Punkte besonders ~~stark~~ deutlich ausgeprägt ~~hervortreten~~ müssen.

Unter gewöhnlichen Umständen ~~wachsen~~ (wegen der grossen Kompressibilität) werden Gase die Opaleszenz in

Aber die Opaleszenz in Gasen ist nicht auf den kritischen Zustand beschränkt. In gewissem, ~~wenn auch sehr schwachem~~ Grade tritt sie auch im normalen Zustand auf ~~und wird dort hier in~~ allerdings so schwach dass sie nur in dicken Schichten ~~merklich~~ wahrnehmbar wird. Jeder von uns hat sie

Darauf beruhen jo allbekannte Erscheinungen: das Blau des Himmels, das Roth der aufgehenden Sonne.

Wäre die Luft Atmosphäre ein vollständig (durchsichtiges) und homogenes Medium so müsste der Himmel auch bei Tag schwarz erscheinen und nur ~~da Licht~~ davon ~~stammt~~ rührt dessen Helligkeit und Farbe dass sie ein tiefblaues trübes Medium ~~ist~~ bildet.

Was sind das nun für Teilchen welche die Streuung des Lichts in der Atmosphäre bewirken.

Lord Rayleigh, welchem wir die grundlegenden Untersuchungen auf diesem Gebiete verdanken, glaubte anfangs dass es sich um zufällige Verunreinigungen wie Staub, Wassertröpfchen, u. dgl. handle aber später änderte er seine Ansicht und heute ~~ist~~ sind wir überzeugt wohl alle, das allgemein ist man zur Überzeugung gelangt dass jene Teilchen eine wesentliche Bedeutung haben und dass auch ~~ganz~~ absolut reine Luft die gleichen Erscheinungen aufweisen. ~~muss~~. Ob dies nun auf die Inhomogenität an der „Oberfläche" der einzelnen Moleküle zurückzuführen ist (nach Rayleigh) oder auf die in den Atomen enthaltenen Elektronen (Natanson, Langevin), ob die vorhin erwähnten lokalen Dichteunterschiede dabei merklich mitspielen (Smoluchowski, Einstein), das sind noch Fragen welche der wissenschaftlichen Diskussion unterliegen, aber betreffs der allgemeinen Bedeutung der Tatsache ist kein Zweifel: das Himmelsblau ist für jeden der im Buch der Natur zu lesen versteht ein augenfälliger Beweis für die Atomistik, da er die inhomogene körnige Struktur der Luft zeigt.

Überaus auffällig tritt das Spiel des Zufalls auch in einer gewissen ~~Reihe~~ einer andern Erscheinung ~~und zwar~~ aus dem Gebiete der Radioaktivität auf, welche ich noch erwähnen möchte. Es sind das jene unregelmässigen ~~übrigens auch schon~~ auch Schwankungen in der Intensität (im allgemeinen gesetzlosen) des durch Anwesenheit radioaktiver Stoffe in Luft gewordenen elektrischen Stromes, dessen Existenz zuerst Schweidler im J. 1905 auf Grund unserer jetzigen Anschauung vom Mechanismus der Radioaktivität voraus~~sah~~gesehen hat und welche sodann von Kohlrausch experimentell nachgewiesen wurde. Diese Schwankungen rühren davon her, dass infolge zufälliger Einflüsse ~~verursachen~~ zeitweise eine gewisse zeitweise und geringere ~~Menge~~ Anzahl von Atomen der radioaktiven Substanz zum Zerfall gelangt, welcher die Aussendung der Strahlen veranlasst.

Derlei Schwankungen treten ja auch in den statistischen Erscheinungen des täglichen Lebens auf. z.B. in der Anzahl der pro Tag stattfindenden Todesfälle eines Landes, welche von Tag zu Tag verschiedene, aber um einen gewissen Mittelwert schwankende Werte aufweist hat.

Die Richtigkeit dieser Auffassung wurde bekanntlich handgreiflich durch die wunderschönen Versuche von Rutherford u. Regener erwiesen, welche eine direkte Zählung der von radioaktiven Stoffen ausgesandten α Teilchen ermöglichten.

Aus Alledem ~~folgt folgt~~ ergibt sich folgender Schluss: wo immer wir eine Erscheinung betrachten, in welcher der Einfluss einzelner Atome oder Molekülen, oder auch von nicht zu allzu zahlreichen Complexen derselben erkennbar ist, konstatieren wir in derselben immer zufällige Unregelmässigkeiten. Die absolute genaue Gesetzmässigkeit der Naturerscheinungen ist nur ein Schein, ~~eine Folge~~ vorgetäuscht durch das statistische Gesetz der grossen Zahlen. Das bezieht sich vor Allem auf die Thermodynamik, aber zweifellos wird im Laufe der Zeit noch manches andere Naturgesetz dasselbe Schicksal erfahren. Und als fundamentale Methode der exakten Naturwissenschaften sind die Wahrscheinlichkeitsrechnung einerseits, ~~sowie~~ sowie auch heutzutage die Grundlagen eines Zweiges der Mathematik, wie z.B. der Begriff des Zufalls, noch nicht hinreichend aufgeklärt und ~~das Ziel~~ der dadurch hervorgerufenen Complikationen ~~die wahre Richtung~~ bezüglich ~~verbunden ein~~ ~~dunkel lebhafte~~ (kommt uns) die schmerzliche Klage Poincaré's (in den Sinn): dass die Natur sich so gar nicht darum kümmert, was für Schwierigkeiten sie den Mathematikern bereitet.

Wenn von der Begründung der eigentlichen Grundlagen der atomistisch-kinetischen Theorie die Rede ist, muss noch eine andere Art von Erscheinungen erwähnt werden, welche ebenfalls ein Argument von grundsätzlicher Bedeutung für dieselbe bildet. Wenn nämlich die Materie continuirlich, ~~[illegible]~~ structurlos den Raum erfüllt, so besitzt ein jeder Teil derselben dieselben Eigenschaften wie das Ganze, wenn sie dagegen atomistische Structur besitzt, wenn also ihre Eigenschaften aus der Wechselwirkung der Zusammenwirkenden einer grossen Menge von Atomen oder Molecülen hervorgehen, dann müssten dünne Schichten, deren Dicke der Wirkungssphäre eines Moleküls entspricht, sich anders verhalten als dicke ~~[illegible]~~ Schichten. Ebenso besitzt ja z. B. ein Stück Leinwand eine ganz andere Ausdehnungskraft als ein einzelnes ~~Faden~~ Faser, der Sand in einem Sacke ist nachgiebig, während das einzelne Korn hart und unnachgiebig ist.

Eine Entscheidung hierüber lässt sich am leichtesten für Gase erreichen, da hier die Actionssphäre der Molekülen am größten ist. Denn ~~die~~ eine Actionssphäre ~~ist~~ gehört nicht nur der Raum, den das Molekül tatsächlich momentan einnimmt, sondern die Entfernung der Raum bis zu welcher die Wirkung der Bewegungen des Molekülis reicht, ~~der durch die sog. mittlere Weglänge gekennzeichnet ist.~~ Ebenso ~~ist~~ entspricht ja auch die ~~[illegible]~~ Actionssphäre eines Fumispeiches nicht nur der von dessen Körper eingenommene Raum sondern der ganze Bereich der Bewegung desselben. Jener Bereich, gekennzeichnet durch die sog. mittlere Weglänge, beträgt für Luft unter normalen Umständen $\frac{1}{\ldots}$ aber wächst proportional mit Verdünnung der Luft, so dass er in verdünnter Luft bequem mit Kundt's Staubfiguren, Knudsen's etc. einer unmittelbaren Versuchung zugänglich ist.

~~Das~~ Diesbezügliche Versuche haben nun eine ganz klare Entscheidung zu Gunsten der kinetischen Gasthorie geliefert, indem sie zeigten, dass in so dünnen Gasschichten die Erhaltung der inneren Reibung, der Wärmeleitung, ja sogar des Gasdruckes ~~[illegible]~~ vollkommen ~~anders~~ verschiedenen Gesetzen gehorchen, als in dicken Schichten, und zwar stimmen jene Resultate auch quantitativ vollkommen ~~mit dem~~ damit überein was die kinetische Theorie hierüber voraussehen lässt.

Im Vorangehenden (eine Arbeiten der letzten 10-20 Jahre aufzählen) ~~Bisher~~ haben wir ~~die Erscheinungen~~ besprochen welche eine unmittelbare Bestätigung der Grundlagen der ~~kinetischen~~ atomistischen Theorie bilden und welche die gegen dieselbe erhobenen Einwände widerlegen. Aber vielleicht haben zur allgemeinen Anerkennung ~~[illegible]~~ der Atomistik in den letzten Zeiten noch mehr die Fortschritte auf anderen Gebieten der Physik beigetragen welche eine ausserordentliche Erweiterung des Bereichs der Atomistik und tiefgreifende Veränderungen

innerhalb derselben hervorgerufen haben.

Bekanntlich hat ja heute die Anschauung, dass auch die Elektricität eine atomistische Zusammensetzung besitzt, dass sie aus Elementarteilchen, Elektronen, besteht, auf der ganzen Linie den Sieg davongetragen. ~~Diese Anschauung~~ Sie, welche anfangs von Crookes, Helmholtz, später von J. J. Th. J. als eine den damaligen traditionellen Meinungen diametral entgegengesetzte Hypothese anfangs mit einer gewissen Zurückhaltung genommen wurde, bewährte sich so ausgezeichnet in der Aufklärung der neu entdeckten Erscheinungen der Radioaktivität, des Zeeman Eff. u. s. w. und warf zugleich so neues Licht auf verschiedene altbekannte Probleme der Wissenschaft, dass sie im Laufe der ersten Jahre 1896–1902 zur fast einstimmigen Anerkennung gelangte.

Wollte man die Beweisgründe näher auseinandersetzen so müsste man beinahe die ganzen wissenschaftlichen Errungenschaften der letzten 15 Jahre aufzählen, welche von diesem Standpunkt aus in ein logisches Ganze verschmelzen. Die Entwicklung der Wissenschaft erinnert in solchen Momenten an jenes bekannte Kinderspiel dass auf dem Zusammensetzen von Bildchen mit aufgeklebten Figuren beruht. Lange muss man probieren, bis man einige zu einander passende Stückchen findet, wenn aber der Anfang gemacht ist, geht es beinahe automatisch weiter — und das ist das Kennzeichen einer guten wissenschaftlichen Theorie, dass sie sogleich eine ganze Reihe von scheinbar ganz unzusammenhängenden Erscheinungen in neuem Lichte erscheinen lässt indem sie deren innere Beziehungen nachweist.

Als für uns wichtigstes Resultat folgt übereinstimmend mittels einer Reihe ganz verschiedener Berechnungsmethoden, dass die negativen Elektronen eine Masse besitzen die dem Teil eines Wasserstoffatoms und eine elektrische Ladung von der Grösse

Um die Richtigkeit dieser Tatsache zu würdigen bemerke man, dass durch eine gewöhnliche Glühlampe gegen 10 Trillionen pro Sekunde strömen durchfliessen. Und doch so minimale Elektrizitätsmengen vorhanden zugegeben, kann man sie andern kann nicht ihre Versuche anstellen und ihre Grösse bestimmen

Derartige Versuche bedrohten vor Kurzem gerade die Elektronentheorie mit einer schweren Krise, indem Ehr. bei Bestimmungen der elektrischen Ladungen der Metallstäubchen welche bei Durchgang des elektrischen Lichtbogens in Luft entstehen, Ladungen von verschiedenster Grösse fand, darunter auch solche welche erheblich geringer schienen als jene angeblich unteilbare Elektrizitätsmenge. Unter günstigen Versuchsbedingungen von Millikan und Begeman angestellte Messungen zeigten dass nur Ladungen von der früher erwähnten Grösse oder von 2 3 4 facher bestehen, und heute erscheint es durch die Bemühungen einer Reihe von Forschern endgültig sicher festgestellt dass die Resultate Ehrenhafts durch grosse Fehlerquellen beeinflusst entstellt waren. In diesen Versuchen besitzen wir somit einen direkten

Beweis der Unteilbarkeit des Elektrons.

Nachdem wir noch einen kurzen Überblick des Wechsels unserer Anschauungen betreffs des Wesens der Atome. Es ist vielleicht ein einziges charakteristisches Merkmal der alten Atomistik, welches bis heute erhalten blieb, gibt aber ohne jemals eine ernsthafte Diskussion seiner Berechtigung nach zuziehen, nämlich die Anschauung dass alle Atome eines chemischen Elements unter einander vollkommen gleichartig sind, dass sie nach Herschels Ausdruck „gleichsam fabrikmässig hergestellte Ware sind."

Was ist das nun für eine Ware? Die älteren Physiker, wie Clausius, stellten sich die Atome und Moleküle meist als materielle Körper vor, als unveränderliche feste harte Körper, nach Art von Billardkugeln, und auch heute noch ist diese Anschauung sehr verbreitet, insbesondere unter den Chemikern. Einige berechnen nicht nur die „Dimensionen" dieser Körper sondern auch die Dichte dieser Substanz. Dabei tritt jedoch die Schwierigkeit auf, dass man nach Angabe von Temperatur und andern Umständen verschiedene Werte erhält, als ob die Dimensionen dieser Körper variabel wären.

Darum hat sich Maxwell schon im J. 1866 gegen diese Vorstellung gewendet und hat, zum Teil frühere atomistische Anschauung des Jesuiten Boscovitch erneuernd, die Hypothese aufgestellt dass man die Moleküle Atome nicht als materielle Punkte (Atome von Ausdehnung) aus denken habe, welche bei grösserer Annäherung aufeinander mit abstossenden Kräften einwirken.

Heute haben wir ganz augenscheinliche offenbare Beweise dafür, dass die Atome nicht harte materielle Körper sein können, denn die Kathodenstrahlen, insbesondere aber die β Strahlen sollte aus sehr rasch bewegten Elektronen bestehen, durch dringen dieselben und werden dabei nur in geringem Grade zerstreut. Ja auch die α Strahlen (das sind Helium Atome welche eine positive doppelte Elementar Ladung tragen und von den radioaktiven Substanzen mit einer Geschwindigkeit von einigen tausend Kilom. per Sekunde ausgesendet werden) gehen durch Atome anderer Körper hindurch.

Was ist da nebenbei bemerkt, aus der traditionellen Legende von der Undurchdringlichkeit der Materie als einer ihrer fundamentalen Eigenschaften geworden! Denn es handelt sich ja in dem oben Erwähnten nicht um ein Hindurchwandern der α Teilchen Atome durch die leeren Zwischenräume zwischen den andern (wie bei der Diffusion) sondern um ein tatsächliches Durchdringen derselben. Natürlich kommt es dann nur wenn jene Teilchen mit einer so kolossalen Geschwindigkeit geschleudert werden, da sonst die Abstossungskräfte einer übergrossen Annäherung verhindern. Die ausserordentlich interessanten Versuche Regners haben

zeigt dass ein derartiges α Teilchen beim Durchgang durch ein Atom Gold aus seiner ursprünglichen Bewegungsrichtung durchschnittlich nur um ca $\frac{1}{200}$° abgelenkt wird. Die Materie muss somit einen ausserordentlich zarten luftigen und durchsichtigen Bau besitzen, nach Art einer Wolke, und die Undurchdringlichkeit derselben ist nur ein Schein der durch die intramolekularen Kräfte erzeugt wird.

Heute ist auch die Hypothese, dass die Atome materielle, als Kraftcentren wirkende Punkte seien, als veraltet aufgegeben. Dass sie überhaupt nicht etwas Elektrisches und Einfaches sein können, vermutete man schon lange auf Grund der Complexität der Spektren derselben, und diese Vermutung wurde zur Gewissheit als die das Studium der radioaktiven Erscheinungen bewies, dass die Atome mancher Substanzen wie U R Po Th im Laufe der Zeit einen selbsttätigen Zerfallsprozess unterliegen dass sie zerbröckeln wie eine Ruine, wobei die abbröckelnden Fragmente eben jene α und β Teilchen sind. Aus den Fragmenten ersehen wir sogar der Bau bestehe daher es ganz natürlich anzunehmen dass die Atome eben aus Teilchen jener Art zusammengesetzt sind. Aber auf welche Weise dieser Bau construirt ist, das ist einstweilen noch rätselhaft und es sind da noch viele dunkle Punkte aufzuklären.

Die Schwierigkeit besteht offenbar darin, dass ein neutrales Atom gleich viel positive und negative Elektrizität besitzen muss. Und wir kennen heute zwar recht genau die Elementarteilchen der negativen Elektrizität, das sind jene Elektronen deren Masse ein Tausendstel des Wasserstoffatoms beträgt aber sehr wenig wissen wir über die Natur der positiven Elektrizität welche uns in den α Teilchen (und dem Kanalstrahlen) entgegentritt in Verbindung mit ganzen Atommassen auftritt und sich bisher nicht in analoger Weise wie die Elektron absondern liess.

Anfangs schrieb man die gesamte Trägheit der Masse den negativen Elektronen zu, musste also annehmen, dass aber Tausende in einem Atom enthalten sind. Heute haben uns verschiedene Untersuchungen aus dem Gebiet der Strahlung gelehrt, dass die Anzahl der bewegten, an den optischen Erscheinungen Anteil nehmenden Elektronen verhältnismässig sehr gering ist. Entweder muss somit die Mehrzahl der Elektronen im Innern des Atoms so fest gebunden sein dass sie bei jenen Erscheinungen nicht in Betracht kommen können, oder es muss überhaupt die Anzahl der Elektronen im Atom gering sein, was mit Lord Rayleigh und Crowther's Resultaten betreffs der Zerstreuung der β Teilchen durch Materie übereinstimmen würde. In diesem Falle müsste aber die Masse Trägheit des Atoms hauptsächlich von dessen positiver Ladung herrühren.

Aus der Beschäftigung mit Untersuchung dieser Probleme sind ~~Diese Fragen haben~~ die ausserordentlich interessanten Versuche Thomson's und Starks ein konkretes Atom modell zu construiren, hervorgegangen. ~~Auf~~ Den Gelehrten der alten Schule mögen solche Spekulationen phantastisch erscheinen — aber sie sind nicht erfolglos! Denn beinahe jedes Heft der exacten Fachzeitschriften bringt uns Nachrichten von neuen durch derartige Überlegungen auf diesem angeregten Wege angebahnten Entdeckungen, und dies bestärkt unseren Glauben

darin ~~in~~ vor Allem bewegt liegt ihr reeller Wert.

Mit wes für einem Enthusiasmus heute atomistische Spekulationen gepflegt werden, davon zeugt übrigens am besten die neueste

Por. III, 31.

I A 7

// Atomistyka //

po mennicku