

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*



*Mr Professor Steenberg
received by
Prof.*

TEKNISK BIBLIOTEK

Særtryk af Oversigt over det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs
Forhandlinger 1894.

Undersøgelser over, hvorvidt Hypotesen
om Materiens Enhed kan bringes i Samklang
med Theorien om Atomernes relative Vægt.

Af

Julius Thomsen.

Relation remarquable entre les poids
atomiques des éléments chimiques.
Poids atomiques rationnels.

Par

Julius Thomsen.

HNDB. AFD

Undersøgelser

over,

hvorvidt Hypotesen om Materiens Enhed

kan bringes i Samklang med

Theorien om Atomernes relative Vægt.

Af

Julius Thomsen.

(Meddelt i Mødet den 14de Decbr. 1894).

Særtryk af Overs. over D. K. D. Vidensk. Selsk. Forh. 1894.

København.

Bianco Lunos Kgl. Hof-Bogtrykkeri (F. Dreyer).

1894.

Ligesom den moderne Atomtheoris Grundtanke allerede forefindes i Oldtidens filosofiske Systemer, saaledes gaar det ogsaa med Hypotesen om Materiens Enhed; men disse store Tanker formaaede ikke at virke befrugtende paa Videnskaben i de omtrent 2000 Aar, som ere forløbne fra det Tidspunkt, da de bleve udtalte, indtil det 19. Aarhundredes Begyndelse, da de atter dukkede frem under gunstige ydre Forhold. Det gik med disse Hypoteser som med saa mange af Oldtidens naturfilosofiske Anskuelser, der vare fængslende ved deres store Almindelighed, men ikke stode i en virkelig paaviselig Forbindelse med selve Fænomenerne. Først i Begyndelsen af det 19. Aarhundrede, i de store Rørelsens Tid, efterat Lavoisier for bestandig havde fastslaaet de kvantitative Undersøgelers Betydning for den rette Opfattelse af Materiens kemiske og fysiske Egenskaber, først da genfødtes Atomtheorien, d. e. Anskuelsen om, at Materien er bygget af udelelige Smaadele (Atomer), af hvis Egenskaber Legemernes Egenskaber afhænge. Det er, som bekendt, den

engelske Naturforsker Daltons store Fortjeneste at have paa-vist Atomtheoriens Overensstemmelse med Kendsgerningerne, og støttet den ved kvantitative Bestemmelser.

Grundlaget for Daltons Atomtheori var den paaviselige konstante Sammensætning af de kemiske Forbindelser og de ejendommelige simple Vægtforhold, som iagttages, naar to Stoffer ved deres Forening kunne danne flere Forbindelser. Vejledet af disse Kendsgerninger søgte Dalton dernæst at bestemme Atomernes relative Vægt, og i Aaret 1804 kunde han meddele de første Resultater paa dette Omraade; men først i Aaret 1808 offentliggjorde han i en større Afhandling de af ham bestemte Atomvægte for nogle og tredive Grundstoffer. Da Brinten er det Grundstof, hvis Atomvægt er den ringeste, valgte han Brintens Atomvægt som Enhed og angav altsaa de øvrige Stoffers Atomvægt i Forhold til denne; saaledes blev Atomvægten for Brint, Kvælstof, Kulstof og Ilt henholdsvis 1, 5, 5 og 7. Tallene afvige temmelig stærkt fra de Størrelser, til hvilke senere Undersøgelser førte; men den kvantitative Analyse af kemiske Forbindelser, af hvis Resultater Stofferne's Atomtal blive afledede, var i Aarhundredets Begyndelse kun lidet udviklet og derfor temmelig unøjagtig.

Dalton angav de relative Atomvægte som hele Tal, uden dog dermed at ville antyde, at de maatte være Multipla af Brintens Atomvægt. Men denne Anskuelse blev i Aaret 1815 med stor Styrke gjort gældende af Englænderen Prout, og dermed var da atter Hypotesen om Materiens Enhed vækket efter sin to Aartusinder lange Hvile. Ifølge Prout skulde alle Atomvægte være Multipla af Brintens og alle Grundstoffer være dannede ved Sammenlejrning af fælles Grundatomer (rimeligvis Brintatomer).

Hypotesen om Materiens Enhed har ført en meget vaklende Tilværelse. Strax efter, at Prout havde kaldt den tillive i sin nye Skikkelse, vakte den megen Opmærksomhed, og betydelige Kemikere saa som Prouts Landsmand Th. Thomson stillede

deres Kræfter til dens Raadighed og søgte ved direkte Forsøg at vise dens Overensstemmelse med Erfaringens Resultater; men Manglerne ved samme traadte mere og mere frem; Berzelius optraadte som dens Modstander, og i Aaret 1832 overtog Turner, paa den engelske Naturforsker-Forsamlings Opfordring, det Hverv at underkaste Hypotesen en omhyggelig experimentel Prøve. Resultaterne af dette Arbejde tilligemed Berzelius's omhyggelige Undersøgelser vidnede imod Hypotesens Gyldighed, og den blev da foreløbig skrinlagt. Men næppe 10 Aar senere traadte Kemikeren Dumas i Skranken for at forsvare dens Berettigelse, og Resultaterne af hans Arbejder bleve tydede af ham som en Støtte for Hypotesen. Den belgiske Kemiker Stas, som dengang havde arbejdet sammen med Dumas og deltaget i Bestemmelsen af Kulstoffets Atomvægt, der blev fundet at være meget nær 12, var ligeledes meget stemt for at antage Hypotesens Gyldighed, og under denne Stemnings Paa-virkning begyndte han sine berømte Atomvægtbestemmelser, hvis Nøjagtighed staar uangreben; men Resultatet af hans mangeaarige Arbejde blev et uomstødeligt Bevis for, at Atomvægtene ikke have nogen fælles Enhed og at deres gensidige Forhold ikke kan udtrykkes ved hele Tal. Dermed var Dødsdommen atter fældet; men Hypotesen forsvandt dog ikke fra Dagsordenen; dertil havde den for meget tillokkende og frembød for mange Tilknytningspunkter for en filosofisk Behandling af Naturens Fænomener.

Da det nu ikke var muligt, paa Grund af Kendsgerningernes Uomstødelighed, at hævde Hypotesen i den oprindelige Skikkelse, søgte man efter Aarsager, som muligvis kunde bevirke, at Atomernes kemiske Masse ikke ganske svarede til deres Vægt. Da Vægten fremkommer som et Produkt af Legemets Masse og Accelerationen, laa det nær at søge en Forklaring til de omtalte Afvigelser imellem de ved Forsøgene bestemte Atomvægte og de nærmeste hele Tal i en forskellig Acceleration for de forskellige Grundstoffer; men Bessels Pendulforsøg med for-

skellige Metaller og andre Stoffer havde vist, at Forskellen i Accelerationen i ethvert Tilfælde er saa ringe for de undersøgte Stoffer, at den vilde blive uden Indflydelse ved Atomvægtberegningen.

Man udtalte ogsaa — og paa denne Maade kom endog Dumas Hypotesen tilhjælp —, at selve Brintatomet er sammensat af mindre Dele (Uratomer), og at Atomvægtene derfor ikke behøve at være Multipla af Brintens, altsaa hele Tal, men meget vel kunde være Brøkdeler af Enheden; men derved tabte Hypotesen i Betydning, thi naar Brøkdelen af Enheden vælges tilstrækkelig lille, vil Forsøget ikke længere kunne konstatere de ønskede Multiplas Tilstedeværelse.

En anden Udvej var den, at antage, at der til Atomernes egentlige Masse kunde knytte sig ringe Mængde af Ætheren, som antages at fylde hele Verdensrummet og at kunne fortættes paa de materielle Atomers Overflade. Fortætningen maatte da blive stærk; thi Verdensætheren har en for almindelig Sansning aldeles forsvindende ringe Tæthed. Denne Antagelse medfører imidlertid ogsaa en Vanskelighed; thi det vilde være højst usandsynligt at antage, at den fortættede Æthers Mængde ikke skulde forandre sig ved den kemiske Reaktion, ved hvilken ulige Atomere forener sig med hinanden; men en saadan Forandring af Ætherens Mængde vilde føre til, at Vægten af en Forbindelse ikke blev lige stor med Summen af Bestanddelenes Vægt. Omhyggelige Forsøg meddelte af Reichgauer og af Landolt, henholdsvis i Aaret 1891 og 1893, ligesom ogsaa nogle ældre Forsøg af Stas, stille det imidlertid, idet mindste for de undersøgte Reaktionen Vedkommende, udenfor al Tvivl, at Vægten af de ved en kemisk Reaktion samvirkende Stoffer er uforanderlig ved Reaktionen, idetmindste indenfor saadanne Grændser, at en mulig Ændring vilde være uden Indflydelse ved Atomvægtbestemmelserne.

I de sidstnævnte Forsøg virke forskelligartede Forbindelser paa hinanden, og det var derfor muligt, selv om den samlede

Æther-Mængde blev konstant, at der dog fandt en Forskydning Sted af Ætherdelene fra den ene Gruppe af Atomér til den anden, hvilket Forhold da vilde faa Indflydelse paa de empiriske Atomvægtes Størrelse. Jeg har derfor undersøgt Forholdet paa en anden Maade, saaledes at den kemiske Reaktion kun foregaar imellem samme Art Atomér, hvilket er Tilfældet, naar et Grundstof gaar fra den ene allotrope Tilstand til den anden. Som bekendt viser Fosfor et Exempel paa en saadan Proces, idet det ved Opvarmning eller ved Lysets Medvirkning omdannes fra den ene Tilstand til den anden under Afgivelse af en meget betydelig Energimængde (omtrent 17000 Varmeenheder for hvert Atom). Dersom nu en Forandring af den til Stoffet knyttede potentielle Energi til Varme kunde bevirke en Forandring af Legemets Vægt, maatte det vise sig under Omdannelse af Fosfor fra den ene Tilstand til den anden. Jeg indesluttede derfor Fosfor i Glasrør, tilsnittede Rørene for Blæselampen og bestemte Vægten af de fyldte Rør, idet et tomt men tilsnitted Rør blev benyttet som Modvægt for at ophæve Luftens Indflydelse ved Vejningen. Rørene bleve dernæst udsatte for højere Varme eller Sollys, hvorved Omdannelsen efterhaanden foregik. Rørenes Vægt blev undersøgt i Løbet af flere Maaneder, men ingen Forandring i samme lod sig iagttage. Ved disse Forsøg er det altsaa bevist, at Tab af potentiel Energi og dens Omdannelse til Varme, saaledes som Forholdet i Reglen er ved de kemiske Processer, ikke paavirker Legemets Vægt.

Landolt betragter sine ovenomtalte Forsøg som afgørende og udtaler, «at dermed er den sidste Udvej spærret, som endnu stod aaben for Prouts Hypothese». Jeg tror, at denne Udtalelse er noget forhastet, og jeg haaber, at det ved de Undersøgelser, som jeg nedenfor skal meddele, vil lykkes mig at puste nyt Liv i den gentagne Gange dødsdømte Hypothese.

Af de hidtidige Undersøgelser følger, som omtalt, at Atomvægtene for de forskellige Grundstoffer ikke ere kommensurable Størrelser, d. v. s. de have ingen fælles Faktor, og Forholdene imellem dem, de relative Atomvægte, kunne derfor ikke udtrykkes ved hele Tal. Denne Kendsgerning kan ikke bortdisputeres, saafremt man da overhovedet har Agtelse for de Resultater, som følge af Præcisionsarbejder paa det omtalte Omraade. Efter min Anskuelse maa de relative Atomvægtens Afvigelser fra hele Tal netop være det Materiale, - som omhyggelig bør granskes; thi det vil sikkert gaa her, ligesom saa ofte i Videnskabens Historie, at Studiet af tilsyneladende Anomalier fører til Resultater, som enten bestyrke ældre Anskuelser eller føre til Opdagelser af større Betydning.

Allerede to Gange tidligere¹⁾, i Aarene 1865 og 1887, har jeg benyttet Lejligheden til at udtale mig om det foreliggende Æmne, og jeg har da vist, hvorledes saa godt som alle Forhold tale til Gunst for Hypotesen om Materiens Enhed; jeg skal derfor ikke berøre denne Side af Sagen, men holde mig til den Hindring, — man kunde næsten sige den eneste alvorlige Hindring for Antagelsen af Hypotesen om Materiens Enhed — nemlig den, som ligger i de Afvigelser fra hele Tal, som ere paaviste for de relative Atomvægte.

Jeg har derfor stillet mig den Opgave at undersøge, om der er nogen Grund til at antage, at disse Afvigelser fra hele Tal maa henføres til Tilfældighedernes Gruppe, eller om de frembyde paaviselige Regelmæssigheder, som kunde lede paa Spor efter Aarsagen til deres Optræden. Men skulde en saadan Undersøgelse føre til et nogenlunde paalideligt Resultat, maatte de Atomvægtbestemmelser, som skulde danne Grundlaget for Undersøgelsen besidde en meget høj Grad af Nøjagtighed, og jeg havde saaledes intet andet Valg, end at indskrænke mig til

¹⁾ Tidsskrift for Fysik og Kemi 1865, B. 4. S. 65 og 97.

Universitetets Festskrift 1887 i Anledning af Hs. M. Kongens Fødselsdag.

foreløbig kun at benytte de af Stas gennemførte Undersøgelseres Resultater, som angaa 10 af vore vigtigste Grundstoffer, og som yde enhver tænkelig Garanti med Hensyn til Nøjagtighed.

Allerede tidligere havde jeg underkastet disse Undersøgelser en kritisk Beregning for at udfinde de Atomvægte, som i størst mulig Grad tilfredsstille de direkte Forsøgsresultater i den af Stas gennemførte Undersøgelse. Resultatet af denne Beregning har jeg i Aaret 1893 meddelt i Selskabets Oversigt¹⁾.

Forskellen imellem de af Stas og de af mig af Stas's Undersøgelser beregnede Atomvægte er vel ikke stor, men at mine Tal utvivlsomt ere de nøjagtigste, fremgaar tydeligt, som jeg allerede har vist i det nævnte Arbejde, naar man benytter de tvende Grupper af Tal til dermed at beregne, hvilke numeriske Resultater Stas maatte have opnaaet ved sine Forsøg, forsaavidt den ene eller den anden af de nævnte Talgrupper indeholdt nøjagtige Størrelser. Forskellen imellem de beregnede og de experimentelle Resultater bliver nemlig, saaledes som jeg har belyst det i den nævnte Afhandling, gennemsnitlig omtrent 5 Gange (1094 : 205) saa stor, naar man benytter de af Stas beregnede Atomvægte, som naar man vælger de af mig beregnede. Jeg tvivler derfor ikke om, at de af mig beregnede Tal ere de nøjagtigste, og det er selvfølgelig dem, som jeg lægger til Grund for den følgende Undersøgelse.

De af Stas's Undersøgelser følgende Atomvægte for de nævnte Stoffer fjærne sig altsaa alle mere eller mindre fra hele Tal, selvfølgelig med Undtagelse af Iltens Atomvægt, som vilkaarligt er sat til 16, og i Forhold til hvilken de øvrige ere bestemte. Afvigelsernes Størrelse fremgaar nu af nedenstaaende Tabel.

<i>Ag</i>	108	— 0,0701
<i>Cl</i>	35,5	— 0,0506 ²⁾

¹⁾ Det kgl. danske Vidensk. Selsk. Forhandlinger 1893, S. 356 ff.

²⁾ Jeg har for Klor valgt det afrundede Tal 35,5; hvorvidt der kan være Grund til at vælge 35, skal jeg nedenfor udtale mig om.

<i>Br</i>	80 — 0,0490
<i>J</i>	127 — 0,1444
<i>O</i>	16
<i>S</i>	32 + 0,0606
<i>Pb</i>	207 — 0,0958
<i>K</i>	39 + 0,1507
<i>Na</i>	23 + 0,0543
<i>Li</i>	7 + 0,0307
<i>N</i>	14 + 0,0396.

Afvigelserne ligge altsaa imellem $-0,1444$ og $+0,1507$ og ere tilfældigvis for 5 Stoffer negative og for andre 5 positive. Størrelsen af Afvigelserne er naturligvis til en vis Grad tilfældig; thi Atomvægtene ere angivne i Forhold til Iltens, naar dettes Atomvægt sættes lig 16. Vælger man en fra 16 afvigende Størrelse for Iltens Atomvægt, ville ogsaa alle de andre Atomvægte faa andre Værdier og selvfølgelig Afvigelserne fra de nærmeste hele Tal blive andre end de i Tabellen indeholdte. Det vil imidlertid være indlysende, at man ikke ved at vælge en anden Værdi for Iltens Atomvægt vil kunne bringe Atomvægtene til at blive hele Tal; forøger man Iltens Atomvægt, ville de negative Afvigelser blive mindre, de positive større, men en samtidig Forsvinden af samtlige Afvigelser vil ikke kunne indtræde.

Da der nu ikke er nogen Grund tilstede til at antage, at netop Iltens Atomvægt bør udtrykkes ved et helt Tal, eftersom Atomvægtene for samtlige andre Stoffer give brudne Tal, saa stillede jeg mig den Opgave at undersøge, om der ved en passende Ændring af Iltens Atomvægt kunde fremkomme Atomvægte for de øvrige Stoffer, hvis Afvigelser fra hele Tal kunde antages at staa i et gensidigt Afhængighedsforhold.

Sætter man Iltens Atomvægt til $16(1 + q)$, maa selvfølgelig de øvrige Stoffers Atomvægte ligeledes multipliceres med $1 + q$; derved forandres Afvigelsernes gensidige Forhold fuldstændigt;

thi medens Iltens Atomvægt faaer en Tilvækst af $16 \cdot q$ bliver Tilvæksten $m \cdot q$ for et Stof, hvis Atomvægt er m .

Opgaven bliver da at undersøge, om der kan paa-vises en Værdi af q , ved hvilken Atomvægtenes Afvigelser fra hele Tal frembyde kendelige Overensstemmelser.

Opgaven lader sig lettest løse ved Anvendelse af den grafiske Metode, saaledes som jeg har vist det i min Afhandling: «Relation remarquable entre les poids atomiques»¹⁾, men det var dog ikke denne Fremgangsmaade, som oprindeligt førte mig til Maalet; det var snarere en Inspiration, der bragte mig over de praktiske Vanskeligheder ved Opgavens Løsning.

Efter en Del mislykkede Forsøg henvendte jeg min Opmærksomhed paa Sølvets Atomvægt, som saa at sige danner Grundlaget for Stas's betydningsfulde Arbejder. Af 10 gensidigt uafhængige Bestemmelser følge, som jeg i min citerede Afhandling har vist, 5 ligeledes gensidigt uafhængige Værdier for Forholdet imellem Iltens og Sølvets Atomvægte, og Middeltallet af disse 5 Værdier er

$$O = 0,1482443 \text{ Ag.}$$

Sættes $O = 16$, bliver $Ag = 107,9299$ som ovenfor angivet. Vælger man nu en anden Værdi for O , vil ogsaa Værdien for Ag ændres i Forhold dertil. Sættes

$$\begin{aligned} (1 + q) O &= 16 + x \\ (1 + q) Ag &= 108 + y \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{erholdes} \quad 0,1482443 = \frac{16 + x}{108 + y} \quad \dots \dots \dots (2)$$

Da den sidste Ligning indeholder 2 ubekendte Størrelser, x og y , vil den ikke kunne løses, med mindre man antager et bestemt Forhold imellem de hypotetiske Afvigelser fra de hele Tal, og det var da naturligt at forsøge, hvorledes det vilde stille sig i det simpleste Tilfælde, naar Afvigelserne antages ligestore, altsaa $x = y$. I saa Fald bliver

¹⁾ Det kgl. Danske Vidensk. Selsk. Oversigt 1894 p. 325.

$$(1 + q)(Ag - O) = 108 - 16 = 92$$

$$\frac{108 \cdot 0,148244 - 16}{1 - 0,148244} = x.$$

Man finder da

$$1 + q = 1,000762$$

$$x = 0,0122,$$

d. v. s. naar Atomvægtene for Ilt og Sølv multipliceres med 1,000762 bliver Iltens Atomvægt 16,0122 og Sølvets 108,0122.

Jeg forsøgte da, hvorledes Resultatet vilde blive, naar alle de nævnte Atomvægte bleve multiplicerede med 1,00076, altsaa alle udtrykte i Forhold til en Atomvægt af 16,0122 for Ilt; til min store Forundring viste det sig saa, at Afvigelserne fra hele Tal for samtlige Atomvægte maatte være Multipla af omtrent 0,0120.

Da det ved dette Resultat var godtgjort, at der efter al Sandsynlighed maatte existere simple Forhold imellem Atomvægtens Afvigelser fra de nærmeste afrundede Tal, naar man valgte en passende Værdi for Iltens Atomvægt, undersøgte jeg Forholdet nærmere ved den grafiske Metode. Resultatet af denne Undersøgelse, med Hensyn til hvis Enkeltheder jeg henviser til min ovennævnte Afhandling «Relation etc.», er nu det, at den største Overensstemmelse opnaas ved at sætte q lig 0,000756. Beregnes nemlig Atomvægtene for de nævnte Stoffer for denne Værdi af q , d. v. s. naar de i nedenstaaende Tabels anden Spalte indeholdte Atomvægte multipliceres med 1,000756, saa fremkomme de i den tredje Spalte indeholdte Tal. Den fjerde Spalte viser Afvigelsernes Størrelse, og den femte, at disse Afvigelser med meget høj Grad af Tilnærmelse ere Multipla af omtrent 0,0120.

De i femte Spalte indeholdte Faktoreres Afvigelse fra 0,0120 ligger ganske indenfor iagttagelsesfejlenes Grænse. Størst er den tilsyneladende for Sølv og Brom; men en Afvigelse af 5 Enheder i 4. Decimal udgør kun 1 : 216000, henholdsvis 1 : 160000 af Atomvægten.

	Atomvægt, naar		Afvigelsernes Størrelse.	
	$O = 16$	$O = 16.1,000756$		
<i>Ag</i>	107,9299	108,0115	108 + 0,0115	1. 0,0115
<i>Cl</i>	35,4494	35,4762	35,5 - 0,0238	- 2. 0,0119
<i>Br</i>	79,9510	80,0115	80 + 0,0115	+ 1. 0,0115
<i>J</i>	126,8556	126,9515	127 - 0,0485	- 4. 0,0121
<i>O</i>	16,0000	16,0121	16 + 0,0121	+ 1. 0,0121
<i>S</i>	32,0606	32,0848	32 + 0,0848	7. 0,0121
<i>Pb</i>	206,9042	207,0606	207 + 0,0606	5. 0,0121
<i>K</i>	39,1507	39,1803	39 + 0,1803	15. 0,0120
<i>Na</i>	23,0543	23,0717	23 + 0,0717	6. 0,0119
<i>Li</i>	7,0307	7,0360	7 + 0,0360	3. 0,0120

Den største absolute Differens findes for Svovl og udgør 1 : 40000 af dettes Atomvægt, men selv denne er saa ringe, at den, som jeg nedenfor skal vise, ligger helt indenfor Grænsen af Iagttagelsesfejlene.

Den fulde Berettigelse til at lade Atomvægtene fremtræde som hele Tal med Tillæg af et Multiplum af 0,0120 fremgaar ved en Beregning af de Resultater, som Stas vilde have fundet i sine Forsøg, saafremt Atomvægtene for de undersøgte Stoffer ere de af mig angivne. Nedenstaaende Tabel indeholder de herhen hørende Talstørrelser. De første 4 Linier indeholde de ovenfor fundne rationelle Atomvægte; de følgende indeholde Resultaterne af Stas's Undersøgelser, og nedenunder hvert af disse den Værdi, til hvilken de nye Atomvægte vilde føre.

	$O = 16,012$		
$Li = 7,036$	$S = 32,084$	$Cl = 35,476$	
$Na = 23,072$	$Ag = 108,012$	$Br = 80,012$	
$K = 39,180$	$Pb = 207,060$	$J = 126,952$	
$AgCl : Ag$	$\begin{cases} 1,328448 \\ 1,328445 \end{cases}$	$Ag_2S : Ag_2$	$\begin{cases} 1,148521 \\ 1,148521 \end{cases}$
$AgBr : Ag$	$\begin{cases} 1,740810 \\ 1,740770 \end{cases}$	$Ag_2 : Ag_2SO_4$	$\begin{cases} 0,692033 \\ 0,692038 \end{cases}$

$AgJ : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,175352 \\ 2,175351 \end{array} \right.$	$AgCl : AgClO_3$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,749204 \\ 0,749191 \end{array} \right.$
$KCl : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,691190 \\ 0,691182 \end{array} \right.$	$AgBr : AgBrO_3$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,796500 \\ 0,796509 \end{array} \right.$
$KBr : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,103460 \\ 1,103507 \end{array} \right.$	$AgJ : AgJO_3$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,830259 \\ 0,830261 \end{array} \right.$
$NaCl : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,542046 \\ 0,542051 \end{array} \right.$	$O_3 : KClO_3$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,391510 \\ 0,391517 \end{array} \right.$
$NaBr : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,954379 \\ 0,954375 \end{array} \right.$	$O_3 : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,444728 \\ 0,444733 \end{array} \right.$
$LiCl : Ag$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,393589 \\ 0,393586 \end{array} \right.$	$PbSO_4 : Pb$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,464276 \\ 1,464271 \end{array} \right.$

Overensstemmelsen er altsaa meget betydelig; kun i 3 af disse 16 Forhold viser sig en Forskel, som gaar ud over den 6. Decimal, nemlig for Forholdene $AgBr : Ag$ og $KBr : Ag$, hvor Afvigelserne ere + 40 og — 49 Milliondele, medens den for det tredje Forhold, i hvilket Brom optræder, nemlig $AgBr : AgBrO_3$ kun er 9 Milliondele. Denne Ejendommelighed forefindes ved alle Beregninger af Stas's Forsøg og maa hidrøre fra en ringe Unøjagtighed i Forsøgene, hvilket ogsaa Stas selv indrømmer for Forholdet $KBr : Ag$. Det tredje Forholdstal, ved hvilket Forskellen udgør 13 Milliondele, er $AgCl : AgClO_3$, men den udgør dog kun en Forskel af 1 : 56000 af Forholdstallets Størrelse; for alle de øvrige Tal er Forskellen forsvindende.

Man kan altsaa trygt anvende de ovenfor angivne og i Forhold til $O = 16,012$ beregnede Atomvægte for de nævnte 10 Grundstoffer; de give med deres af 3 Decimaler bestaaende Brøker, som ere Multipla af 0,012, samme Nøjagtighed som de tidligere opførte, der staa i Forhold til Atomvægten 16 for Ilten. Der bliver nu Spørgsmaal, om der kan paavises et lignende Forhold for andre Grundstoffers Vedkommende. Desværre er Atomvægten for de fleste Grundstoffer ikke bestemt med stor Nøjagtighed; de af forskellige Forskere bestemte Størrelser afvige ofte endog i første Decimal og kunne derfor

ikke benyttes for en saadan Undersøgelse. Kun for 3 Grundstoffer, Kvælstof, Kulstof og Jærn, ere Bestemmelserne indbyrdes saa overensstemmende, at de tillade en Anvendelse.

Undersøgelserne over disse tre Grundstoffers Atomvægte har jeg nærmere omtalt i min citerede Afhandling «Relation remarquable etc.»; Resultatet er det, at ogsaa disse Grundstoffer vise lignende Forhold som dem, jeg har paavist for de omtalte andre 10 Grundstoffer, og at deres Atomvægt kan sættes til $14 + 4a$, $12 + a$ og $56 + 5a$, naar Iltens er $16 + a$. Atomvægtene for Kvælstof, Kulstof og Jærn blive da henholdsvis 14,048, 12,012 og 56,060.

Resultatet af den hele Undersøgelse er altsaa, at for 13 Grundstoffer, for hvilke Atomvægten er bestemt med stor Nøjagtighed, fremtræder følgende Forhold imellem disse Størrelser. Sættes Iltens Atomvægt til 16,012 og betegnes 0,012 ved a , have

	Rationelle Atomvægte.	Empiriske Atomvægte.
<i>O</i>	$16 + a = 16,012$	16,000
<i>S</i>	$32 + 7a = 32,084$	32,060
<i>C</i>	$12 + a = 12,012$	12,003
<i>N</i>	$14 + 4a = 14,048$	14,038
<i>Ag</i>	$108 + a = 108,012$	107,930
<i>Pb</i>	$207 + 5a = 207,060$	206,904
<i>Fe</i>	$56 + 5a = 56,060$	56,018
<i>K</i>	$39 + 15a = 39,180$	39,150
<i>Na</i>	$23 + 6a = 23,072$	23,055
<i>Li</i>	$7 + 3a = 7,036$	7,031
<i>Cl</i>	$35,5 - 2a = 35,476$	35,449
<i>Br</i>	$80 + a = 80,012$	79,951
<i>J</i>	$127 - 4a = 126,952$	126,856

De rationelle Atomvægte ere altsaa Summen af de nærmeste hele Tal og et Multiplum af 0,012; for Klorets Vedkommende, er dog sat 35,5. De staa alle i Forhold til en Atomvægt af af 16,012 for Ilten; medens de empiriske Atomvægte fremkomme af de rationelle ved Division med 1,000756 og svare til en Atomvægt af 16,000 for Ilten; Størrelsen af disse Tal er angivet i den 3. Spalte.

Efter at der nu er paavist ejendommelige Overensstemmelser imellem de smaa Afvigelser fra hele Tal, som de forskellige Grundstoffers Atomvægte frembyde, naar de bestemmes i Forhold til *O* lig 16,012, bliver der Spørgsmaal om en sandsynlig Aarsag til dette Fænomen d. v. s. Afvigelsernes Fremtræden som Multipla af en Konstant, c. 0,0120.

Først paatrænger sig da Spørgsmaalet, om der er nogen Forbindelse imellem Afvigelsernes Størrelse og de enkelte Grundstoffers kemiske Karakter. I efterfølgende Sammenstilling ere derfor Grundstofferne ordnede efter Afvigelsernes Størrelse, og nedenunder hvert er den tilsvarende Koefficient for α angivet

<i>K</i>	<i>S</i>	<i>Na</i>	<i>Fe</i>	<i>Pb</i>	<i>N</i>	<i>Li</i>	<i>Ag</i>	<i>C</i>	<i>O</i>	<i>Br</i>	<i>Cl</i>	<i>J</i>
15	7	6	5	5	4	3	1	1	1	1	÷ 2	÷ 4

Af denne Sammenstilling fremgaar en umiskendelig Sammenhæng mellem Stoffernes Karakter og Koefficienternes Størrelse. Til venstre de stærkt elektropositive Elementer med deres høje positive Koefficient, til højre de mere elektronegative Elementer med ringe og delvis negativ Koefficient.

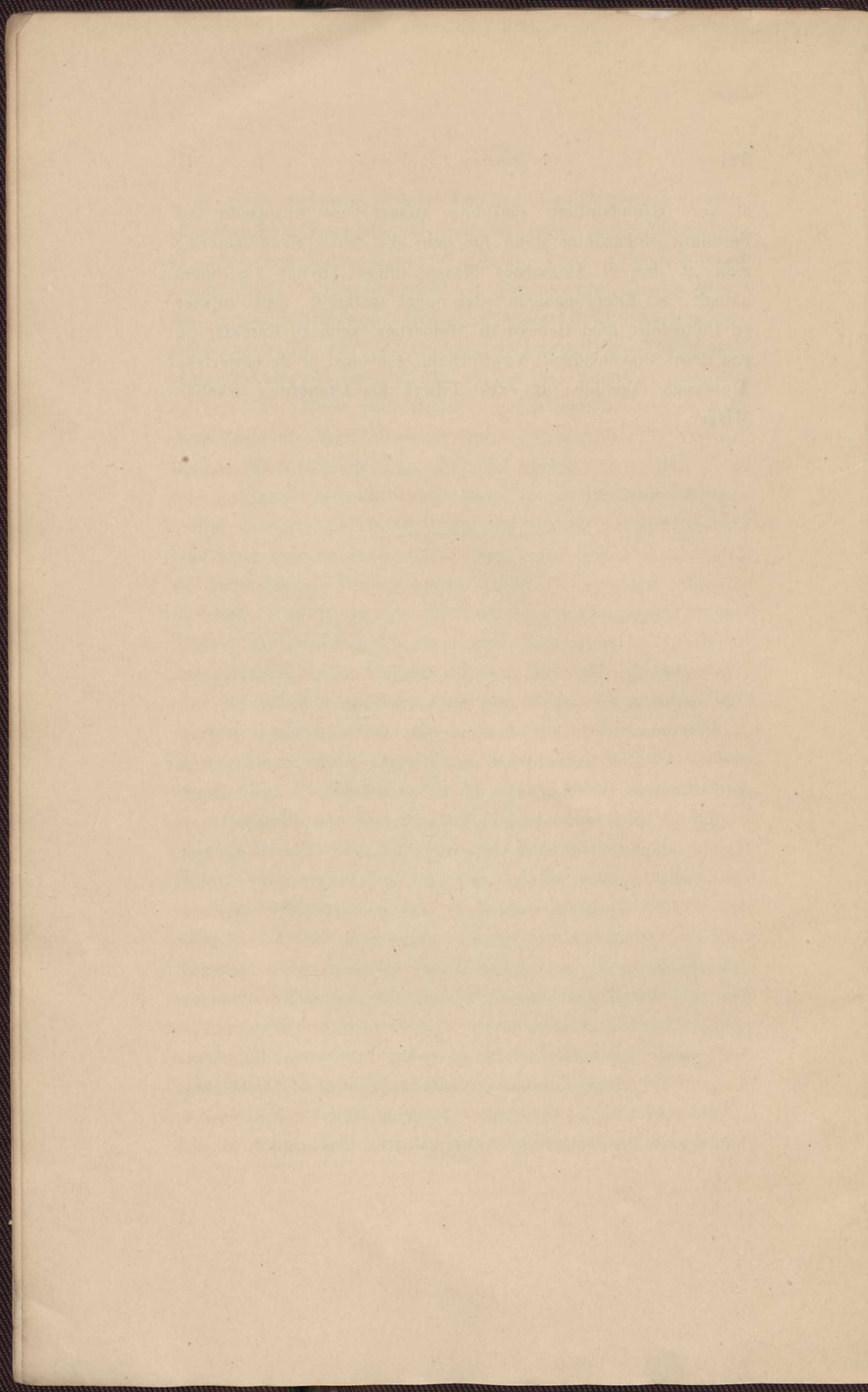
Dersom de negative Koefficienter for Klor og Jod ikke havde været tilstede, kunde man have antaget, at Aarsagen til det paaviste Forhold kunde ligge i en Dualisme af Materien; idet Atomvægten da kunde tænkes opstaaet som Summen af tvende Multipla, det ene af Brintens Atomvægt (eller det halve af denne), det andet af en langt mindre Størrelse nemlig 0,012.

Atomerne kunde i saa Tilfælde tænkes opstaaede ved Sammenlejrning af et vist Antal Partikler af de tvende Enheder for Materien. De negative Koefficienter frembyde imidlertid en Vanskelighed for Antagelsen af en saadan materiel Dualisme som Aarsag til det omtalte Fænomen. Selvfølgelig kunde man komme bort fra denne Vanskelighed, ved at dele Klorets Atomvægt i $35 + 0476$ og Jodets i $126 + 0952$; Afvigelsen for Kloret vilde da blive $40.0,0119$ og for Jodet $80.0,0119$; men Størrelsen af disse Koefficienter voxer da saa stærkt ud over den, som findes for de øvrige Elementer, at man maa blive betænkelig med Hensyn til Berettigelsen af denne Udvej.

Naturligere end at antage en Dualisme af Materien, vilde det være at antage, at Atomernes egentlige Masse har sit Udtryk i de hele Tal, til hvilke de empiriske Atomvægte nærme sig, og at Afvigelserne fra disse fremkomme derved, at der til Athomernes Masse er knyttet uadskillelig fra samme en Energimængde. Tænker man sig t. Eks. at denne Energi bestaar i en elektrisk Ladning i en saadan isoleret Tilstand, at den ikke forlader Atomerne, naar de forbinde sig med hinanden, saa vil altsaa et Legemets Ladning blive Summen af samtlige Atomers. Jordkloden som Helhed vil derfor ligeledes møde med en saadan elektrisk Ladning af umaadelig Størrelse, og denne vil da virke paa Atomerne, tiltrækkende eller frastødende efter Beskaffenheden og Størrelsen af Atomernes ejendommelige Ladninger. Legemets Vægt vilde da under en saadan Forudsætning blive en Sum af to Virkninger, nemlig paa den ene Side afhængig af Legemets Masse, paa den anden Side af Summen af den til Legemets Atomer knyttede elektriske Ladning; Accelerationen, som Jorden da udøver dels ved sin Masse dels ved sin elektriske Ladning, vilde da enten kunne virke i samme eller modsat Retning, alt efter Legemets elektriske Ladning. I det første Tilfælde vilde Legemets tilsyneladende Vægt blive større end den, der svarer til Legemets Masse, i det andet Tilfælde ringere. Tænke

vi os altsaa Atomerne ladede med positiv eller negativ Elektricitet, Jorden til Exempel med en Resultant af negativ Elektricitet, saa vilde førstnævnte Atomer fremtræde med en tilsyneladende større Vægt, sidstnævnte med en tilsyneladende mindre Vægt, d. v. s. for de elektropositive Grundstoffer maatte Atomvægten falde højere, for de elektronegative lavere end den Værdi, som svarer til Atomets egentlige Masse og som finder sit Udtryk i de hele Tal. Dette vilde da for saa vidt stemme med de paaviste Forhold. Men nu møder ogsaa her en væsentlig Vanskelighed; thi et Forhold, som det sidst omtalte, vilde altsaa medføre en noget forskellig Acceleration for de forskellige Grundstoffer, medens de Forsøg, som ere udførte i denne Retning ikke have paavist en saadan. Hertil maa dog bemærkes, at de hidtil udførte Forsøg næppe kunne antages for fuldt afgørende, idet der ikke er udført Forsøg med saadanne Grundstoffer, for hvilke Afvigelsen maatte blive størst i Forhold til deres Masser, f. Ex. Alkalimetallerne. Men selv om det skulde vise sig ved Forsøg, anstillede paa en for en paalidelig Besvarelse afpasset Maade, at ogsaa denne Vej til Fænomenets Forklaring bliver lukket, saa er dog det paaviste Forhold imellem Grundstoffernes Atomvægte af en saa mærkelig Beskaffenhed, at det opfordrer til en omhyggelig Undersøgelse over saavel det paaviste Forholds Almindelighed og dets sandsynligste Aarsag. Der er jo næppe nogen Tvivl om, at der maatte kunne paavises en Forbindelse imellem de omtalte Afvigelser fra hele Tal, som de rationelle Atomvægte vise, og selve Atomernes kemiske Karakter; men hertil vil der udfordres en fuld paalidelig Bestemmelse af Atomvægten for et større Antal Grundstoffer end de her omtalte tretten Stoffer, og et saadant Arbejde vil ikke kunne udføres uden i Løbet af en lang Aarrække, naar Nøjagtigheden af dens Resultater skal kunne maale sig med de af Stas udførte Bestemmelser. Saalænge et saadant Arbejde ikke er udført, kan man kun antage det som højst sandsynligt,

at vore Grundstoffers saakaldte Atomer ere opstaaede ved Forening af Partikler af en for dem alle fælles Grundmaterie; men at der til Atomernes Masse tillige knytter sig noget ukendt, en Energimængde eller noget materielt, som udøver en Indflydelse med Hensyn til Atomernes kemiske Karakter og paa deres tilsyneladende Vægtforhold, saaledes, at de empiriske Atomvægte ikke blive et exakt Udtryk for Atomernes virkelige Masser.



**Relation remarquable entre les poids atomiques des
éléments chimiques. Poids atomiques rationnels.**

Par

Julius Thomsen.

(Avec planche.)

(Présenté dans la séance du 14 décembre 1894.)

Les recherches bien connues qu'a faites Stas pour déterminer exactement un certain nombre des poids atomiques relatifs des corps simples, ont fait constater que ces poids ne sont pas exprimables par des nombres entiers ou que, en d'autres termes, ils ne sont multiples d'aucune unité commune. Stas calcula les poids atomiques en prenant celui de l'oxygène pour point de départ et en posant 16 pour ce poids atomique. Les nombres résultants présentent tous un écart plus ou moins grands de nombres entiers et tantôt positif, tantôt négatif. Seul l'atome du chlore donna un écart de 0,5 à peu près (exactement 0,449). Pour tous les autres poids atomiques déterminés par Stas, l'écart n'excède pas 0,15. A diverses époques, on a cherché à faire disparaître ces écarts en admettant diverses hypothèses, de sorte que les poids atomiques puissent s'exprimer comme multiples de celui de l'hydrogène ou, en tout cas, comme multiples de la moitié de ce dernier poids; mais les recherches n'ont pas mené au résultat désiré. C'est également en vain qu'on a tenté de trouver à ces petits

écarts une cause vraisemblable. Néanmoins il est bien difficile de se familiariser avec l'idée que ces mêmes écarts soient l'effet du hasard, au lieu de résulter d'une cause commune dont le caractère principal nous est encore inconnu. L'hypothèse de l'unité de la matière, telle que l'a formulée Prout en 1815, ne peut être déclarée, d'après les données actuelles, qu'en désaccord avec les résultats d'expérience dans lesquels notre époque peut en trouver la pierre de touche. Pourtant cette hypothèse peut être juste quant aux traits principaux et en arriver, à l'aide d'un simple complément, à concorder avec l'expérience.

Tandis que les poids atomiques présentent, comme on le sait, de remarquables concordances, quand on fixe son attention sur ce qu'on appelle les poids atomiques en nombres ronds, c'est-à-dire les nombres entiers les plus rapprochés, on n'a pas encore signalé de relation entre les petits écarts faits avec ces nombres et qu'on retrouve dans tous les poids atomiques. C'est ainsi que pour les substances analogues, lithium, sodium et potassium, on a les poids atomiques 7, 23 et 39, additionnés chacun d'une petite fraction; de même, pour l'oxygène et le soufre, les nombres 16 et 32; pour le carbone et le silicium, 12 et 28; pour le fluor et le chlore, 19 et 35, c'est-à-dire une différence de 16 dans la grandeur des poids atomiques. Il y a beaucoup de corps simples pour lesquels on retrouve une relation analogue; mais on n'a pas encore démontré de rapports entre les quantités qui représentent les petits écarts tantôt positifs, tantôt négatifs, faits avec les susdits nombres entiers.

Le cours des années a souvent ramené ma pensée sur ce problème, avant que je me sois décidé à en chercher la solution. Il va de soi que j'ai dû pouvoir compter sur l'exactitude des matériaux destinés à former la base de cette étude, sans quoi le résultat deviendrait illusoire, et alors il ne me restait pas d'autre parti à prendre que d'utiliser les déterminations, faites par Stas, du poids atomique d'une douzaine de corps

simples; car dans le nombre total des autres corps simples, c'est à peine s'il y en a plus de deux ou trois dont le poids atomique ait été déterminé avec assez d'exactitude pour servir d'éléments de recherche.

Puis il est d'une grande importance que les poids atomiques déduits des recherches de Stas, concordent aussi exactement que possible avec les résultats directs de la recherche. Cependant j'ai constaté que plusieurs des poids atomiques calculés tant par Stas que par d'autres, comme répondant aux résultats expérimentaux de Stas, n'étaient point suffisamment exacts, ce qui résulte d'un calcul des résultats qu'auraient dû donner les recherches expérimentales, si les poids atomiques calculés d'après ses recherches avaient été tout à fait exacts; c'est que ledit calcul a révélé une différence difficilement compatible avec la grande exactitude à laquelle les expériences de Stas ont le droit de prétendre.

J'ai donc entrepris de calculer indépendamment la grandeur la plus probable du poids atomique des corps simples étudiés par Stas, et j'ai publié les résultats de ce calcul en 1893¹⁾. Les écarts trouvés relativement aux poids atomiques calculés par Stas, ne dépassent pas les deuxièmes décimales et, conséquemment en pratique, ils n'ont pas d'importance; mais si l'on contrôle les poids atomiques que j'ai calculés, en les faisant servir au calcul des valeurs expérimentales que Stas aurait dû trouver, dans le cas où mes indications seraient justes, on constate un accord essentiellement plus parfait que si, pour un pareil calcul, on emploie les poids atomiques donnés par Stas. Le tableau suivant montre la grandeur des poids atomiques tels que les a donnés Stas et que je les ai calculés d'après ses recherches.

¹⁾ Oversigt over det kgl. danske Vidensk. Selskabs Forhandling 1893, p. 356—369. — Zeitschrift f. physik. Chemie XIII, p. 726.

Tableau I.

<i>O</i> = 16.	Poids atomiques, calculés par	
	Stas.	Jul. Thomsen.
<i>Ag</i>	107,930	107.9299
<i>Cl</i>	35,457	35,4494
<i>Br</i>	79,952	79,9510
<i>I</i>	126,850	126,8556
<i>S</i>	32,074 ₂	32,0606
<i>Pb</i>	206,934	206,9042
<i>K</i>	39,142 ₅	39,1507
<i>Nn</i>	23,045 ₅	23,0543
<i>Li</i>	7,022	7,0307
<i>N</i>	14,055	14,0396

Or, en employant ces deux groupes de poids atomiques pour le calcul mentionné, c'est-à-dire pour trouver quels résultats directs auraient dû s'ensuivre des recherches de Stas, si l'un ou l'autre de ces groupes de poids atomiques était exact, on aboutit aux résultats du tableau ci-dessous, résultats qu'il faut concevoir comme suit: La deuxième colonne contient le résultat que Stas a trouvé par ses recherches, comme chiffre indiquant la relation de poids entre les corps indiqués dans la première colonne. Par exemple, Stas trouva par l'expérience qu'un gramme d'argent donnait 1,148521 gramme de soufre sulfuré ou 1,328448 gramme de chlorure de soufre, etc. En calculant ces nombres à l'aide des poids atomiques donnés par Stas, on trouve des valeurs qui sont respectivement de 0,000067 et de 0,000071 supérieures aux nombres trouvés par l'expérience. Ces écarts se trouvent dans la 3^e colonne. La 4^e colonne contient les écarts qui leur correspondent, lorsque, dans les calculs, on se sert des poids atomiques communiqués plus haut par moi; par conséquent, dans le premier exemple, les écarts ne donnent que 0,000004, tandis que dans le second il y a parfait accord.

Tableau II.

	Résultats expérimentaux de Stas.	Stas.	Thomsen.
$Ag_2S : Ag_2$	1,148521	+ 67.10 ⁻⁶	+ 4.10 ⁻⁶
$AgCl : Ag$	1,328448	+ 71	0
$AgBr : Ag$	1,740810	- 34	-43
$AgI : Ag$	2,175352	- 52	0
$KCl : Ag$	0,691190	- 6	0
$Ag_2 : Ag_2SO_4$	0,692033	- 28	+ 2
$AgCl : AgClO_3$	0,749204	- 5	-15
$AgBr : AgBrO_3$	0,796500	+ 9	+ 7
$AgI : AgIO_3$	0,830259	- 2	+ 1
$O_3 : KClO_3$	0,391510	+ 10	+ 4
$KBr : Ag$	1,103460	- 18	+49
$NaCl : Ag$	0,542046	- 5	+ 7
$NaBr : Ag$	0,954379	- 80	- 7
$NH_4Cl : Ag$	0,495998	+ 27	- 4
$NH_4Br : Ag$	0,908310	- 27	+ 3
$PbSO_4 : Pb$	1,464276	- 1	0
$LiCl : Ag$	0,393589	- 10	0
$KNO_3 : KCl$	1,356430	+114	+ 6
$NaNO_3 : NaCl$	1,454526	+121	-22
$LiNO_3 : LiCl$	1,625955	+190	-10
$PbN_2O_6 : Pb$	1,599686	+ 70	+ 8
$AgNO_3 : Ag$	1,574809	+147	+ 4

La comparaison directe des écarts indiqués dans les colonnes 3 et 4, montre que la concordance des résultats trouvés par expérience et ceux du calcul sont considérablement moindres, quand on emploie pour le calcul les poids atomiques indiqués par moi, qu'en utilisant ceux de Stas; ou, en d'autres termes, que mes chiffres concordent mieux que ceux de Stas avec ses résultats expérimentaux. La somme totale des écarts donne pour la 3^e colonne 1094 millièmes contre les 205 de la 4^e colonne. Il va donc de soi que, pour base des re-

cherches ci-dessous, je dois préférer les poids atomiques calculés ci-dessus par moi.

Les poids atomiques des susdits corps simples s'écartent tous des nombres entiers. Celui de l'oxygène fait exception, étant arbitrairement fixé à 16. Voici la valeur des écarts:

• Tableau III.

<i>Ag</i>	108	— 0,0701
<i>Cl</i>	35,5	— 0,0506 ¹⁾
<i>Br</i>	80	— 0,0490
<i>I</i>	127	— 0,1444
<i>O</i>	16	
<i>S</i>	32	+ 0,0606
<i>Pb</i>	207	— 0,0958
<i>K</i>	39	+ 0,1507
<i>Na</i>	23	+ 0,0543
<i>Li</i>	7	+ 0,0307
<i>N</i>	14	+ 0,0396.

Les écarts sont donc compris entre — 0,1444 et + 0,1507, et c'est le hasard qui les a rendus négatifs pour l'une des moitiés des corps simples et positifs pour l'autre.

Comme les poids atomiques précités donnent tous de petits écarts des nombres entiers, il n'y a aucun lieu d'admettre que ce soit précisément l'oxygène qui fasse exception. Or, comme tous les écarts changent de valeur, si au lieu de 16, pour poids atomique de l'oxygène, on prend un autre nombre, j'ai pris à tâche de rechercher si, en modifiant le poids de l'oxygène, et par conséquent en multipliant tous les poids atomi-

¹⁾ J'ai posé pour poids atomique du chlore 35,5: les raisons qui permettaient de la porter à 35, sont mentionnées plus bas.

ques par un facteur donné, ce qui ne changerait rien non plus à leurs relations mutuelles, on pourrait constater des rapports capables d'assigner une cause commune aux écarts que font tous ces poids avec les nombres entiers.

La base de tous les poids atomiques déduits des recherches de Stas, est la relation de l'argent à l'oxygène, pour laquelle Stas a, comme on le sait, donné cinq valeurs indépendantes les unes des autres et donnant pour moyenne :

$$O = 0,148244 \text{ Ag.}$$

Par conséquent, on trouve pour l'argent: 107,9299, l'oxygène étant 16. Ce rapport reste naturellement inaltérable quand on multiplie les deux nombres par un facteur commun $1 + q$, et l'on peut alors poser

$$(1 + q) O = 16 + x$$

$$(1 + q) \text{ Ag} = 108 + y,$$

d'où résulte

$$0,148244 = \frac{16 + x}{108 + y}.$$

Ces deux équations renfermant trois inconnues, ne peuvent pas se résoudre si l'on ne connaît pas le rapport entre x et y . J'ai donc préféré l'essai du rapport le plus simple en posant $x = y$, d'où j'ai obtenu

$$1 + q = 1,000762$$

$$x = 0,0122;$$

c'est-à-dire que, multipliés par la valeur indiquée pour $1 + q$, ces poids atomiques deviennent respectivement 16,0122 et 108,0122.

Puis j'ai cherché ce qui arriverait pour les autres corps simples en multipliant leurs poids atomiques par un même facteur 1,00076, et à mon grand étonnement j'ai constaté que les écarts faits par les poids atomiques avec les nombres entiers les plus voisins deviennent, par une forte approximation, multiples de 0,0120. L'approximation était poussée si loin,

qu'il devait indubitablement y avoir là en jeu une cause commune. J'ai préféré alors approfondir la question par la méthode graphique.

La planche ci-jointe présente comme ordonnées du diagramme les écarts faits par les poids atomiques avec les nombres entiers, tandis que les abscisses donnent la valeur de $1 + q$. Sur l'axe des ordonnées sont marqués les divers corps simples avec leurs écarts respectifs d'après le tableau III. L'argent y figure donc comme $-0,0701$, et l'oxygène comme le point-origine du système des coordonnées. Ces écarts répondent par conséquent aux poids atomiques empiriques. Or, multipliés par $1 + q$, ces derniers font avec les nombres entiers les écarts correspondant aux différentes valeurs de q . Le diagramme de la planche montre comment les écarts négatifs diminuent à mesure que les valeurs de q augmentent, passent par zéro et deviennent positifs.

Le point d'intersection de l'axe se trouve ainsi, pour le plomb, l'argent et l'iode, respectivement pour q , $= 0,000463$, $0,000649$ et $0,001138$, valeurs pour lesquelles les poids atomiques feraient conséquemment avec les nombres entiers un écart nul. Le diagramme met en évidence que q n'a aucune valeur pour laquelle plusieurs écarts disparaissent simultanément. Au contraire, on découvre déjà, en jetant sur les lignes du diagramme un coup d'œil superficiel, quelques points remarquables. Ainsi l'on voit que les lignes du plomb, de l'argent et du chlore s'entrecoupent presque au même point. Le calcul donne, pour les points d'intersection des lignes correspondantes, les abscisses et ordonnées que voici:

pour l'argent et le plomb	$1 + q = 1,000260$	$y = -0,0421$
» l'argent et le chlore	$1,000269$	$-0,0411$
» le plomb et le chlore	$1,000264$	$-0,0412.$

Voici la manière la plus simple d'effectuer le calcul: que A et A' représentent les poids atomiques empiriques d'après

le tableau III, a et a' les nombres entiers les plus rapprochés, y l'écart de ces nombres après la multiplication par $1 + q$. On a alors

$$A(1 + q) = a + y$$

$$A'(1 + q) = a' + y,$$

d'où

$$1 + q = \frac{a - a'}{A - A'} \quad \text{et} \quad y = A(1 - q) - a.$$

Un autre point remarquable est l'intersection des lignes de l'argent, de l'oxygène et du brome; le calcul donne

pour l'argent et l'oxygène $1 + q = 1,000762$ $y = 0,0121$

» l'argent et le brome $1,000754$ $0,0112$

» l'oxygène et le brome $1,000766$ $0,0122$.

Si donc on multiplie par environ 1,00076 les poids atomiques de l'argent, de l'oxygène et du brome, les nombres résultants font tous trois avec les nombres entiers un écart d'environ 0,012, et l'on retrouverait quelque chose de semblable dans le cas précité de l'argent, du plomb et du chlore, en multipliant leurs poids atomiques par environ 1,000265, auquel cas les écarts deviennent négatifs pour les poids atomiques de chacun de ces corps, et sont égaux, environ $-0,0415$.

Un troisième point remarquable correspond à $1 + q =$ environ 1,00146; car pour cette abscisse, les poids atomiques de l'iode et du lithium, de l'argent et du sodium, ainsi que du plomb et du potassium, font, avec les nombres entiers les plus voisins, des écarts presque égaux, en même temps que le poids atomique du chlore devient 35,5. En effet, le calcul donne

pour l'iode et le lithium $1 + q = 1,001461$ $y = 0,0404$

» l'argent et le sodium $1,001466$ $0,0880$

» le plomb et le potassium $1,001469$ $0,2080$

» le chlore 35,5 $1,001427$ $0,0000$.

On ne trouve plus d'autres points remarquables entre ces lignes, même en les prolongeant au delà des limites du cadre comporté par la planche.

Si maintenant l'on cherche comment les poids atomiques des autres corps simples se modifieraient pour ces valeurs de q , on trouvera que, dans le premier cas et dans le dernier, les écarts ne présentent aucune concordance remarquable entre leurs écarts d'avec les nombres entiers, sinon les précités; tandis que le second cas offre ce grand intérêt que, si la valeur de q est intermédiaire à 1,00075 et à 1,00076, les différences entre les poids atomiques et les nombres entiers les plus voisins doivent indubitablement être considérées comme multiples de la valeur 0,0120 déjà trouvée plus haut.

En effet, en multipliant par 1,000756 les poids atomiques empiriques du tableau III, on obtient le résultat que voici:

Tableau IV.

	$O = 16.$	$O = 16 \cdot 1,000756.$	Valeur des écarts.
<i>Ag</i>	107,9299	108,0115 = 108 + 0,0115	1. 0,0115
<i>Cl</i>	35,4494	35,4762 = 35,5 - 0,0238	- 2. 0,0119
<i>Br</i>	79,9510	80,0115 = 80 + 0,0115	+ 1. 0,0115
<i>I</i>	126,8556	126,9515 = 127 - 0,0485	- 4. 0,0121
<i>O</i>	16,0000	16,0121 = 16 + 0,0121	+ 1. 0,0121
<i>S</i>	32,0606	32,0848 = 32 + 0,0848	7. 0,0121
<i>Pb</i>	206,9042	207,0606 = 207 + 0,0606	5. 0,0121
<i>K</i>	39,1507	39,1803 = 39 + 0,1803	15. 0,0120
<i>Na</i>	23,0543	23,0717 = 23 + 0,0717	6. 0,0119 ₅
<i>Li</i>	7,0307	7,0360 = 7 + 0,0360	3. 0,0120

La dernière colonne montre comment les différences entre les poids atomiques et les nombres entiers (celui du chlore, à partir de 35,5), sont à très peu près des multiples de 0,0120. La concordance semble moindre pour l'argent et le brome; mais ce n'est qu'en apparence; car une différence de 5 unités, dans la 4^e décimale, n'est, comparativement aux poids atomiques de ces corps, que 1:216000 pour l'un et 1:160000 pour

l'autre, c'est-à-dire une différence tout à fait négligeable. Le plus grand écart est celui du soufre; il s'élève à 0,0008, ce qui par rapport au poids atomique du soufre se pose 1 : 40000; mais en lui-même cet écart est si petit qu'il tombe en deçà des limites des erreurs d'observation, comme je le montrerai plus bas.

Le meilleur moyen de constater l'existence des multiples de 0,0120 dans les poids atomiques en admettant celui de l'oxygène = 16,012, consiste à employer ces poids atomiques pour calculer les nombres relatifs que Stas aurait dû trouver, si lesdits nouveaux poids atomiques étaient une expression exacte du poids relatif des atomes. Le résultat de ce calcul se trouve dans le tableau V; voir plus bas. Les quatre premières lignes contiennent les poids atomiques rationnels admis par moi; la 2^e colonne contient les nombres relatifs qu'aurait trouvés Stas dans ses recherches expérimentales, si les nouveaux poids atomiques sont les vrais. Or, si l'on compare ces derniers avec les résultats d'expériences que Stas a communiqués et que contient la 2^e colonne du tableau II, on trouve exprimées en millionièmes de l'unité les différences indiquées dans la 3^e colonne du tableau ci-joint.

Tableau V.

$O = 16,012$ $Li = 7,036$ $S = 32,084$ $Cl = 35,476$ $Na = 23,072$ $Ag = 108,012$ $Br = 80,012$ $K = 39,180$ $Pb = 207,060$ $I = 126,952$		
	Nombres relatifs calculés avec les poids atomiques ci-dessus.	Écart fait avec le résultat expérimentalement trouvé par Stas; voir tabl. II.
$Ag_2S : Ag_2$	1,148521	0.10^{-6}
$AgCl : Ag$	1,328445	— 3
$AgBr : Ag$	1,740770	— 40
$AgI : Ag$	2,175351	— 1

Tableau V (suite).

	Nombres relatifs calculés avec les poids atomiques ci-dessus.	Écart fait avec le résultat expérimentalement trouvé par Stas; voir tabl. II.
<i>KCl : Ag</i>	0,691182	— 80.10 ⁻⁶
<i>Ag₂ : Ag₂SO₄</i>	0,692038	+ 5
<i>AgCl : AgClO₃</i>	0,749191	— 13
<i>AgBr : AgBrO₃</i>	0,796509	+ 9
<i>AgI : AgIO₃</i>	0,830261	+ 2
<i>O₃ : KClO₃</i>	0,391517	+ 7
<i>O₃ : Ag</i>	0,444728	— 5
<i>KBr : Ag</i>	1,103507	+ 47
<i>NaCl : Ag</i>	0,542051	+ 5
<i>NaBr : Ag</i>	0,954375	— 4
<i>PbSO₄ : Pb</i>	1,464275	— 5
<i>LiCl : Ag</i>	0,393586	— 3

Les écarts sont donc très petits: leur total fait 157 millièmes, tandis que le tableau II présente un écart de 398 millièmes par les mêmes nombres relatifs, si le calcul se fait avec les poids atomiques donnés par Stas. Les écarts principaux sont ceux des combinaisons du brome; mais aussi pour ces combinaisons les nombres relatifs concordent beaucoup mieux avec les résultats auxquels l'expérience a conduit Stas, quand on prend mes nombres pour base du calcul. Pour les quatre nombres relatifs sur lesquels influe le poids atomique du brome, on trouve les écarts suivants:

	Stas.	Thomsen.
<i>AgBr : Ag</i>	— 34.10 ⁻⁶	— 40.10 ⁻⁶
<i>AgBr : AgBrO₃</i>	+ 9	+ 9
<i>KBr : Ag</i>	— 18	+ 47
<i>NaBr : Ag</i>	— 80	— 4

Dans le premier cas, le total des écarts est —132 et +9; dans le second cas, —44 et +56: la concordance est donc

beaucoup plus parfaite dans ce dernier cas. On trouve quelque chose d'analogue dans les rapports du soufre; les recherches de Stas comprennent deux combinaisons du soufre, Ag_2S et Ag_2SO_4 , qui donnent entre les résultats de l'expérience et ceux du calcul les écarts suivants:

	Stas.	Thomsen.
$Ag_2S : Ag_2$	$+ 67 \cdot 10^{-6}$	$0 \cdot 10^{-6}$
$Ag_2 : Ag_2SO_4$	$- 28$	$+ 5$

Ces derniers nombres présentant une concordance parfaite, il s'ensuit que l'écart de 0,0008 constaté plus haut (v. tableau IV) pour les poids atomiques du soufre, se trouve tout à fait en deçà des limites des erreurs d'observation.

On ne saurait donc douter que les poids atomiques du tableau V ne concordent parfaitement avec les résultats expérimentalement trouvés par Stas, et la question devient alors de savoir si la règle en vigueur pour ces poids atomiques, savoir qu'ils sont la somme de nombres entiers et d'un multiple de la constante $\alpha = 0,0120$, s'applique aussi à d'autres corps simples.

Mais à cet égard, les matériaux utilisables sont extrêmement restreints; car à l'exception de deux ou trois corps simples, savoir l'azote, le carbone et le fer, les poids atomiques n'ont pas été déterminés avec une exactitude qui permette de s'en servir: il faudrait pour cela que les diverses déterminations du poids atomique d'un corps donné présentassent des écarts beaucoup moins divergents. Pour les trois corps simples susdits, l'examen montre qu'on a raison de poser comme suit le poids atomique rationnel:

azote	$14 + 4\alpha = 14,048$
carbone	$12 + \alpha = 12,012$
fer	$56 + 5\alpha = 46,060$

En effet, pour déterminer le poids atomique de l'azote, Stas a fait cinq séries d'expériences, dont les résultats sont

portés au tableau II. Or, si l'on calcule ces résultats à l'aide de $N = 14,048$ et des poids atomiques rationnels indiqués plus haut (v. tableau V), on obtient :

Résultat des expériences de Stas	calculé pour $N = 14,048$.	Écart.
$KNO_3 : KCl = 1,356430$	1,356408	$- 22 \cdot 10^{-6}$
$NaNO_3 : NaCl = 1,454526$	1,454465	- 61
$LiNO_3 : LiCl = 1,625955$	1,625894	- 61
$PbN_2O_6 : Pb = 1,599686$	1,599672	- 14
$AgNO_3 : Ag = 1,574809$	1,574788	- 21

Il est vrai que ces écarts sont tous négatifs, mais les sels de sodium sont les seuls qui donnent un écart de 1 : 24000 par rapport au résultat expérimental ; dans les autres cas, l'écart est beaucoup moindre. En moyenne, les écarts sont de $- 36$ millièmes, tandis que, si l'on prend, comme le fait Stas, 14,055 pour poids atomique de l'azote, la moyenne devient $+ 128$ millièmes (v. tableau II).

A l'égard du carbone, on a les expériences faites par Dumas et Stas, ainsi que par Erdmann et Marchand, sur la quantité d'acide carbonique fournie par la combustion d'un gramme de carbone, soit diamant, soit graphite. Les nombres varient de 3,6636 à 3,6698, et le chiffre moyen des cinq groupes d'expériences est 3,6664. Posant $C = 12,012$, on a $CO_2 : C = 44,036 : 12,012 = 3,6660$. Par expérience, 3,6664.

En outre Stas a déterminé la quantité d'oxygène avec laquelle l'oxyde de carbone se combine pour donner par combustion l'acide carbonique. Il trouva pour chaque gramme d'oxygène consommé 2,75029 grammes d'acide carbonique. Or, on a pour $C = 12,012$.

$$CO_2 : O = 44,036 : 16,012 = 2,75019.$$

Par expérience, 2,75029.

On peut donc en confiance poser pour le poids atomique du carbone 12,012; car la première série d'expériences donne 12,0102, et la seconde 12,0136; leur moyenne est donc 12,0119.

Le poids atomique du fer se détermine par la relation entre le fer et le sesquioxyde de fer: le chiffre moyen des six séries d'expériences est, d'après Clarke ¹⁾, 0,700075, ce qui donne pour le fer un poids atomique de 56,0620. Si l'on prend 56,060, on obtient:

$$Fe_2 : Fe_2 O_3 = 112,120 : 160,156 = 0,700072.$$

Par expérience, 0,700075,

ce qui concorde parfaitement.

Le résultat de toute cette étude est donc que pour 13 corps simples dont le poids atomique est déterminé avec beaucoup d'exactitude, ces quantités ont entre elles les rapports suivants. En posant pour poids atomique de l'oxygène 16,012 et en représentant 0,012 par α , l'on a

	Poids atomiques rationnels.	Poids atomiques empiriques.
<i>O</i>	$16 + \alpha = 16,012$	16,000
<i>S</i>	$32 + 7 \alpha = 32,084$	32,060
<i>C</i>	$12 + \alpha = 12,012$	12,003
<i>N</i>	$14 + 4 \alpha = 14,048$	14,038
<i>Ag</i>	$108 + \alpha = 108,012$	107,930
<i>Pb</i>	$207 + 5 \alpha = 207,060$	206,904
<i>Fe</i>	$56 + 5 \alpha = 56,060$	56,018
<i>K</i>	$39 + 15 \alpha = 39,180$	39,150
<i>Na</i>	$23 + 6 \alpha = 23,072$	23,055
<i>Li</i>	$7 + 3 \alpha = 7,036$	7,031
<i>Cl</i>	$35,5 - 2 \alpha = 35,476$	35,449
<i>Br</i>	$80 + \alpha = 80,012$	79,951
<i>I</i>	$127 - 4 \alpha = 126,952$	126,856

¹⁾ The constants of nature V, 134.

Les poids atomiques rationnels sont donc la somme des nombres entiers les plus voisins et d'un multiple de 0,012; toutefois, pour la part du chlore, on a pris 35,5. Ces nombres ont tous leur rapport à un poids atomique de 16,012 représentant l'oxygène, tandis que les poids atomiques empiriques dérivent des rationnels comme quotients fournis par 1,000756, et correspondent à un poids atomique de 16,000 pour l'oxygène. Ces nombres sont donnés en grandeur dans la 3^e colonne.

Voici donc démontrées des concordances particulières entre les petits écarts faits avec les nombres entiers par les poids atomiques des divers corps simples, quand on détermine ces poids par rapport à $O = 16,012$. Reste à connaître la cause probable de ce phénomène, c'est-à-dire comment se présentent les écarts en tant que multiples d'une constante, environ 0,0120.

Surgit alors la première la question d'une relation entre la grandeur des écarts et le caractère chimique respectif des corps simples. Voici un tableau comparatif, où l'on a en conséquence disposé les corps simples d'après la grandeur des écarts et placé en dessous de chacun le coefficient qui répond à α

<i>K</i>	<i>S</i>	<i>Na</i>	<i>Fe</i>	<i>Pb</i>	<i>N</i>	<i>Li</i>	<i>Ag</i>	<i>C</i>	<i>O</i>	<i>Br</i>	<i>Cl</i>	<i>I</i>
15	7	6	5	5	4	3	1	1	1	1	÷ 2	÷ 4

Cette comparaison fait ressortir une solidarité évidente entre le caractère des corps simples et la grandeur des coefficients. A gauche sont les éléments fortement électro-positifs avec leur grand coefficient positif; à droite, les éléments plus électro-négatifs, dont le coefficient est petit et partiellement négatif.

Sans la présence des coefficients négatifs du chlore et de l'iode, on aurait pu supposer que la relation démontrée pourrait bien être due à un dualisme de la matière; car alors le poids atomique pourrait se concevoir comme formé par l'addi-

tion de deux multiples, savoir un multiple du poids atomique de l'hydrogène (ou la moitié de ce poids) et un multiple d'une quantité beaucoup moindre, savoir 0,012. En ce cas on pourrait imaginer les atomes comme agrégats d'un certain nombre de particules des deux unités de matière. Toutefois les coefficients négatifs suscitent une difficulté à l'admission d'un pareil dualisme matériel comme cause dudit phénomène. Il va de soi qu'on pourrait éloigner cette difficulté en divisant le poids atomique du chlore en $35 + 0,476$ et celui de l'iode en $126 + 0,952$, ce qui donnerait pour l'écart du chlore $40.0,0119$ et pour celui de l'iode $80.0,0119$; mais alors la grandeur de ces coefficients dépasse tellement celle qu'on trouve aux autres éléments, qu'on hésite à admettre cette échappatoire.

Une autre hypothèse plus naturelle que le dualisme de la matière, serait de voir la masse propre des atomes exprimée par les nombres entiers dont se rapprochent les poids atomiques empiriques, les écarts faits avec ces nombres provenant de ce que la masse des atomes a pour annexe inséparable une certaine quantité d'énergie. Qu'on voie, par ex. dans cette énergie une charge électrique tellement isolée qu'elle ne puisse pas quitter les atomes en voie de se combiner; la charge d'un corps sera donc la somme des charges de tous les atomes. Le globe terrestre pris en bloc se présentera donc également comme ayant une énorme charge électrique de ce genre, qui alors exercera son action sur les atomes par attraction ou répulsion, suivant la nature et la grandeur des charges propres de ces atomes. En pareille hypothèse, le poids du corps deviendrait donc la somme de deux actions, savoir, d'une part, une action qui dépend de la masse du corps; d'autre part, une action dépendant de la somme de charges électriques appliquées aux atomes de ce corps. Alors l'accélération que la terre exerce soit par sa masse, soit par sa charge électrique, pourrait agir tantôt dans le même sens, tantôt en sens contraire, selon la charge électrique du corps. Dans le premier cas, le

poids apparent du corps excéderait celui qui répond à la masse de ce corps; dans l'autre cas, il serait plus faible. Si donc nous voyons les atomes chargés d'électricité positive ou d'électricité négative, la terre, par ex. ayant une résultante électrique négative, les atomes du premier cas nous présenteraient un poids apparent plus fort, les autres un poids apparent moindre, c'est-à-dire que, pour les corps simples électro-positifs, le poids atomique excéderait la valeur qui correspond à la masse propre de l'atome et s'exprime en nombres entiers; pour les corps simples électro-négatifs, ce poids restera en deçà, ce qui par conséquent concorderait bien avec la relation constatée. Mais, ici aussi, l'on se heurte contre une difficulté principale; car une relation comme cette dernière entraînerait conséquemment une accélération quelque peu différente pour les divers corps simples, et les expériences faites dans ce sens n'en ont pas fait constater. Toutefois on peut appliquer à ceci la remarque que les conclusions des expériences faites jusqu'ici, peuvent difficilement se dire péremptoires; car on n'a point expérimenté sur les corps simples dont l'écart constitue un maximum vis-à-vis de leur masse, par ex. les métaux alcalins. Et quand même, à la suite d'expériences conduites de manière à répondre pertinemment, l'explication du phénomène serait voie impraticable, la relation constatée entre les poids atomiques des corps simples n'en est pas moins d'une nature assez remarquable pour susciter une recherche soigneuse tant des généralités de ladite relation établie que de sa cause la plus probable. C'est à peine s'il y a lieu de douter qu'on puisse démontrer une relation entre les susdits écarts d'avec les nombres entiers présentés par les poids atomiques rationnels, et le caractère chimique des atomes eux-mêmes; mais pour cela on aurait à déterminer d'une manière tout à fait sûre le poids atomique des corps simples en plus grand nombre que les treize éléments précités, et pour effectuer ce travail il ne faudrait pas moins d'une longue série d'années, si, sous le

rapport de l'exactitude, on voulait en mettre les résultats au niveau des déterminations faites par Stas. Tant qu'on n'aura pas achevé ce travail, on ne peut admettre qu'à titre d'hypothèse très plausible la formation des soi-disant atomes de nos corps simples par voie d'union entre les particules d'une matière constituant pour tous une base commune. Mais, en même temps, à la masse des atomes se rattacherait quelque chose d'inconnu, une quantité d'énergie ou tel être matériel, exerçant son influence par rapport au caractère chimique des atomes et aux relations de leur poids apparent, en sorte que les poids atomiques empiriques ne seraient pas l'expression exacte des masses réelles des atomes.

0,2

0,1

0,1

0,1

0,1

0,1

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,1

0,1

0,1

