Nitrogen Triflorida (NF₃) :

Termodinamika dan Transpor Elektron NF₃

Era Sukma Jelita Sari¹ Rahadian Zainul²

¹ Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

² Physical Chemistry Laboratory, Universitas Negeri Padang, Indonesia

¹Email: erabudiman@gmail.com

²E-mail : rahadianzmsiphd@yahoo.com

Abstrak. Nitrogen trifluorida adalah gas termodinamika stabil, tidak berwarna, tidak berbahaya dan memiliki stabilitas rendah. NF₃ sedikit larut dalam air yaitu 0,021 g/100 ml tanpa mengalami reaksi kimia. Riview ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sifat termodinamika dan besaran Kimia Fisika 3 terhadap pergerakan elektron. Metode yang digunakan dalam pembuatan riview ini adalah metode studi literatur dengan menggunakan endonote, komputasi dengan *ChemOffice 15.0* dan perhitungan matematis pada sifat termokimia $\Delta_f G^\circ$ dan pada besaran viskositas, kecepatan hanyut, kecepatan difusi dan mobilitas ion. Untuk mengetahui beberapa besaran fisika senyawa ini, dihitung dengan menggunakan perhitungan matematis dengan rumus dan data dari jurnal yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan studi literatur didapatkan data bahwa gas NF₃ memiliki sifat termokimia seperti, kapasitas kalor (*C*) 53,26 J/(mol·K), entropi molar standar (*S*^o) 260,3 J/(mol·K), entalpi pembentukan standar ($\Delta_f H^\circ$) -31,4 kJ/mol, -109 kJ/mol dan energi bebas gibbs ($\Delta_f G$) -84,4 kJ/mol. Berdasarkan perhitungan secara sistematis didapat bahwa jika gas NF₃ pada suhu 100 °C dan energi 150 kJ maka viskositasnya adalah 13,1480 sedangkan pada suhu 200 °C dan energi 150 kJ viskositas adalah 10,3683. Nilai mobolitas ion pada jarak 0,001 m dan 0,005 m berturut turut adalah 0,000025 dan 0,0000125. Nilai daya hanyut pada gaya gesek 1 N dan 3 N berturut turut adalah 7 s dan 5 serta nilai kecepatan difusi pada suhu 50°C dan 100°C berurut turut adalah 100 m/s dan 200 m/s. Dan berdasarkan komputasi dengan menggunakan *ChemOffice 15.0* diadapatkan data jari-jari molekul NF₃, jari jari atom N dan jari jari atom F berturut turut adalah 137 pm , 1.820 dan 1.650. Dari komputasi *ChemOffice 15.0* didapatkan bahwa energi optimasi dari senyawa NF₃ untuk data iteration 5 dan 10 dengan, waktu, total energi, potensial energi dan suhu berturut-turut adalah 0.010; 0.037 ± 0.019; 0.016 ± 0.012; 1.43 ± 0.90 dan 0.020; 0.089 ± 0.018; 0.043 ± 0.016; 3.07 ± 0.87.

Keywords: *mobilitas ion, viskositas, termokimia*

1. Introduction

Nitrogen trifluorida⁽⁵⁻⁹⁾ adalah senyawa anorganik^(11; 12) dengan rumus molekul NF_3 . NF_3 merupakan senyawa yang tidak berwarna, tidak berbau, gas mudah terbakar. Gas ini ditemukan pada peningkatan penggunaan sebagai etchant dalam mikroelektronika. Nitrogen trifluoride adalah gas rumah kaca yang sangat kuat. Senyawa nitrogen⁽¹³⁻¹⁵⁾ - fluor⁽¹⁶⁻¹⁸⁾ ini adalah gas tak berwarna, tak berbau dan tidak mudah terbakar. Penggunaannya dalam mikroelektronika⁽¹⁹⁻²¹⁾ ditemukan meningkat. NF_3 ini merupakan suatu molekul dengan bentuk molekul⁽²²⁾ piramidal trigonal⁽²³⁻²⁶⁾. Pada NF_3 ini terdapat beberapa parameter transfer elektron⁽¹⁰⁾ (Koefisien Townsend⁽¹⁰⁾, koefisien disosiasi⁽¹⁰⁾, koefisien fraksi disosiasi⁽¹⁰⁾, fraksi energi elektron yang hilang akibat tabrakan dengan NF_3 ⁽¹⁰⁾, mobilitas elektron⁽¹⁰⁾ dan kecepatan drift⁽¹⁰⁾) gas NF_3 ini.

NF_3 sedikit larut dalam air yaitu 0,021 g/100 ml tanpa mengalami reaksi kimia. Maksudnya adalah NF_3 ini akan larut dalam jumlah 0,021 g dalam 100 ml air. Ini nonbasic dengan momen dipol⁽²⁷⁻³¹⁾ yang rendah 0,2340 D. Sebaliknya, amonia sangat polar^(20; 32-35) yaitu (1,47 D). Perbedaan ini muncul dari atom-atom fluorin yang bertindak sebagai kelompok yang menarik elektron, yang menarik pada dasarnya adalah pasangan elektron bebas⁽³⁶⁾ pada atom nitrogen. NF_3 adalah pengoksidasi^(21; 37; 38) yang ampuh namun lambat.

Reaksi mengoksidasi hidrogen klorida menjadi klorin:

Ini mengkonversi ke tetrafluorohydrazine setelah kontak dengan logam, tetapi hanya pada suhu tinggi:

NF_3 bereaksi dengan fluorine dan pentafluoride antimon untuk memberikan garam tetrafluoroammonium :

Berdasarkan studi literatur didapatkan data bahwa gas NF_3 memiliki sifat termokimia seperti Kapasitas kalor (C) 53,26 J/(mol·K), Entropi molar standar (S°) 260,3 J/(mol·K) Entalpi pembentukan standar ($\Delta_f H^\circ$) -31,4 kJ/mol, -109 kJ/mol, Energi bebas Gibbs ($\Delta_f G$) -84,4 kJ/mol. Berdasarkan perhitungan secara sistematis didapat bahwa jika gas NF_3 pada suhu 100 °C dan energi 150 kJ maka viskositasnya adalah 13,1480 sedangkan pada suhu 200 °C dan energi 150 kJ viskositas adalah 10,3683. Nilai mobolitas ion pada jarak 0,001 m dan 0,005 m berturut turut adalah 0,000025 dan 0,0000125. Nilai daya hanyut pada gaya gesek 1 N dan 3 N berturu turut adalah 7 s dan 5 serta nilai kecepatan divusi pada suhu 50°C dan 100°C berurut turut adalah 100 m/s dan 200 m/s. Dan berdasarkan komputasi dengan menggunakan *ChemOffice 15.0* diadapatkan data jari-jari molekul NF_3 , jari jari atom N dan jari jari atom F berturut turut adalah 137 pm , 1.820 dan 1.650. Dari komputasi chemdraw untuk menghitung energi optimasi dari senyawa NF_3 untuk data iteration 5 dan 10 dengan, waktu, total energi, potensial energi dan suhu berturut-turut adalah 0.010 0.037 ± 0.019 0.016 ± 0.012 1.43 ± 0.90 dan 0.020 0.089 ± 0.018 0.043 ± 0.016 3.07 ± 0.87.

Nitrogen trifluorida pada saat ini digunakan dalam etsa plasma dari wafer silikon. Saat ini nitrogen trifluoride terutama digunakan dalam pembersihan ruang PECVD dalam produksi volume tinggi dari layar kristal cair dan sel surya film tipis berbasis silikon. Dalam aplikasi ini NF_3 awalnya dipecah *in situ* oleh plasma. Atom fluorin yang dihasilkan adalah agen pembersih aktif yang

menyerang polysilicon, silikon nitrida dan silikon oksida. Nitrogen trifluorida dapat digunakan juga dengan silisida tungsten, dan tungsten yang diproduksi oleh CVD. Dengan demikian senyawa NF_3 yang biasa dikenal dengan penyebab dari efek rumah kaca telah dianggap sebagai pengganti yang lebih ramah lingkungan untuk sulfur hexafluoride atau perfluorocarbons seperti hexafluoroethane. Pemanfaatan proses bahan kimia yang digunakan dalam proses plasma biasanya di bawah 20%. Oleh karena itu beberapa PFC dan juga beberapa NF_3 selalu melarikan diri ke atmosfer. Namun dalam beberapa kurun waktu kedepan gas NF_3 ini akan sangat mempengaruhi atmosfer dan berdampak besar bagi efek rumah kaca.

Nitrogen Trifluorida sangat erat kaitannya dengan efek rumah kaca. Karena gas tak berwarna ini dapat menyebabkan efek rumah kaca. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa dalam beberapa tahun terakhir ini efek gas NF_3 semakin meningkat di luar dugaan. Kadar nitrogen trifluorida di udara diperkirakan meningkat empat kali lipat dari sebelumnya beberapa tahun terakhir dan 30 kali lipat sejak tahun 1978. NF_3 adalah gas rumah kaca, dengan potensi pemanasan global 17.200 kali lebih besar daripada CO_2 bila dibandingkan selama periode 100 tahun. GWP-nya menempatkannya di posisi kedua setelah SF_6 dalam kelompok gas rumah kaca yang diakui Kyoto, dan NF_3 termasuk dalam kelompok dengan efek dari 2013 dan dimulainya periode komitmen kedua dari Protokol Kyoto. Ini memiliki perkiraan masa pakai atmosfer 740 tahun, meskipun pekerjaan lain menunjukkan masa hidup yang sedikit lebih pendek dari 550 tahun (dan GWP sebesar 16.800). Meskipun NF_3 memiliki GWP tinggi, untuk waktu yang lama pemaksaan radiasi di atmosfer Bumi dianggap kecil, dengan asumsi palsu bahwa hanya sejumlah kecil yang dilepaskan ke atmosfer.

Aplikasi industri NF_3 secara rutin memecahnya, sementara di masa lalu senyawa yang digunakan sebelumnya diatur seperti SF_6 dan PFC sering dirilis. Penelitian telah mempertanyakan asumsi sebelumnya. Aplikasi bervolume tinggi seperti produksi memori komputer DRAM, pembuatan display panel datar dan produksi skala besar sel surya film tipis menggunakan NF_3 . Sejak tahun 1992, ketika kurang dari 100 ton diproduksi, produksi telah tumbuh menjadi sekitar 4.000 ton pada tahun 2007 dan diproyeksikan akan meningkat secara signifikan.

Produksi NF_3 dunia diperkirakan akan mencapai 8.000 ton per tahun pada 2010. Sejauh ini, produsen NF_3 terbesar di dunia adalah perusahaan gas dan kimia industri AS Air Products & Chemicals. Diperkirakan 2% dari NF_3 yang diproduksi dilepaskan ke atmosfer. Robson memproyeksikan bahwa konsentrasi atmosfer maksimum kurang dari 0,16 bagian per triliun (ppt) berdasarkan volume, yang akan memberikan kurang dari 0,001 Wm^{-2} pemaksaan IR. Konsentrasi troposfer global rata-rata NF_3 telah meningkat dari sekitar 0,02 ppt (bagian per triliun, fraksi mol udara kering) pada tahun 1980, menjadi 0,86 ppt pada tahun 2011, dengan tingkat peningkatan 0,095 ppt yr^{-1} , atau sekitar 11% per tahun, dan gradien interhemisfer yang konsisten dengan emisi yang terjadi sangat banyak di belahan bumi utara, seperti yang diharapkan. Kenaikan tingkat ini pada tahun 2011 sesuai dengan sekitar 1200 metrik ton / y NF_3 emisi global, atau sekitar 10% dari perkiraan produksi global NF_3 . Ini adalah persentase yang secara signifikan lebih tinggi daripada yang telah diperkirakan oleh industri, dan dengan demikian memperkuat kasus untuk inventarisasi produksi NF_3 dan untuk mengatur emisinya.

Satu studi yang ditulis bersama oleh perwakilan industri menunjukkan bahwa kontribusi emisi NF_3 terhadap anggaran gas rumah kaca secara keseluruhan dari produksi sel surya Si-solar tipis berlebihan. Sebaliknya, kontribusi trifluorida nitrogen ke CO_2 -budget film tipis produksi sel surya dikompensasi sudah dalam beberapa bulan oleh CO_2 potensi penghematan dari teknologi PV.

2. Methodology

Metode yang digunakan dalam pembuatan review ini ada beberapa macam yaitu metode studi literatur dengan menggunakan endonote, komputasi dengan chemoffice dan perhitungan matematis pada sifat termokimia ΔfG° dan pada besaran viskositas dan mobilitas ion. Untuk mengetahui beberapa besaran fisika senyawa ini digunakan dilakukan dengan menggunakan perhitungan matematis dengan rumus dan data dari jurnal yang sudah ada sebelumnya. Penggambaran molekul dengan komputasi aplikasi *ChemOffice 15.0*. Metode yang digunakan yaitu pada bagian Chem3D, struktur NF₃ akan berubah menjadi bentuk 3 dimensi dan kemudian dilakukan beberapa analisis, seperti menghitung MM2 dari masing-masing molekul yang terdiri atas MM2 minimization, MM2 dynamics dan MM2 properties. Caranya dengan pilih pada bagian *calculation*, pilih MM2 minimization kemudian pilih *minimize energy* lalu run. Dengan cara yang sama untuk menentukan *molecular dynamics* dan *compute properties*. Untuk analisis lanjut mengenai NF₃ dilakukan beberapa tahapan seperti yang tampak pada *fishbond* dibawah ini.

3. Pembahasan

1. Results

Tabel 1. Karakteristik NF₃

Parameter	Sifat
Rumus kimia	NF ₃
Massa molar	71,00 g/mol
Penampilan	Gas tak berwarna
Bau	Berbau
Densitas	3,003 kg/m ³ (1 atm, 15 °C) 1.885 g/cm ³ (cair pada b.p.)
Titik lebur	-207,15 C
Titik didih	-129,06 °C
Kelarutannya di dalam air	0,021 g/100 ml
Tekanan uapnya	>1 atm (20 °C)
Indeks bias (<i>n_D</i>)	1,0004
Bentuk molekul	piramidal trigonal
Momen dipol	0,234 D

2. Analisis Hasil

Nitrogen trifluorida adalah contoh senyawa yang langka dari fluorida biner⁽³⁹⁻⁴²⁾ yang hanya ada pada kondisi yang sangat tidak umum, seperti pelepasan listrik. Setelah pertama kali dicoba mensintesis⁽⁴³⁾ pada tahun 1903, oleh Otto Ruff menyiapkan nitrogen trifluoride dengan elektrolisis⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾ dari campuran amonium fluorida cair dan hidrogen fluorida. Hal ini terbukti jauh kurang reaktif dibandingkan dengan nitrogen trialklorida trihalida dan nitrogen lainnya. Nitrogen tribromide dan nitrogen triiodide, semuanya bersifat eksplosif⁽⁴⁸⁻⁵¹⁾. Hanya saja nitrogen trihalida itu memiliki entalpi⁽⁵²⁻⁵⁵⁾ pembentukan yang negatif.

NF₃ sedikit larut dalam air yaitu 0,021 g/100 ml tanpa mengalami reaksi kimia⁽⁵⁶⁾. Maksudnya adalah NF₃ ini akan larut dalam jumlah 0,021 g dalam 100 ml air. Ini nonbasic dengan momen dipol⁽²⁷⁻³¹⁾ yang rendah 0,2340 D. Sebaliknya, amonia sangat polar^(20; 32-35) yaitu (1,47 D). Perbedaan ini muncul dari atom-atom fluorin yang bertindak sebagai kelompok yang menarik elektron, yang menarik pada dasarnya adalah pasangan elektron bebas⁽³⁶⁾ pada atom nitrogen. NF₃ adalah pengoksidasi^(21; 37; 38) yang ampuh namun lamban.

Nitrogen trifluorida, NF₃, adalah satu-satunya senyawa halogen biner eksergonik nitrogen, berbentuk piramida dan tidak reaktif. Tidak seperti NH₃, NF₃ bukan basa Lewis karena kekuatan elektronegativitas atom F membuat pasangan elektron bebas⁽⁵⁷⁻⁵⁹⁾ tidak tersedia: dimana kepolaran⁽⁶⁰⁻⁶²⁾ ikatan N-H pada NH₃ [N—H⁺] dan ikatan N-F adalah [N⁺—F⁻]. Nitrogen trifluorida dapat diubah menjadi N(V), ion NF₄⁺ dengan reaksi:

Pengaruh adanya arah momen PEB dan momen ikatan terhadap kepolaran molekul dapat ditunjukkan dengan besarnya harga momen dipol dari NH₃ dan NF₃. Kedua momen dipol tersebut merupakan molekul yang bersifat polar dengan arah momen ikatan dan momen PEB.

Pada senyawa NH_3 momen ikatan H-N dan momen PEBnya searah, sedangkan pada NF_3 momen tiga ikatan N-F dan momen PEB arahnya berlawanan sehingga momen dipol NH_3 lebih besar dari pada momen dipol pada senyawa NF_3 , akibatnya kepolaran dari NH_3 lebih tinggi daripada kepolaran senyawa NF_3 . Sehingga bentuk molekul dari senyawa NH_3 dan NF_3 sama-sama Trigonal Piramidal karena adanya PEB pada kedua senyawa tersebut.

Adanya PEB pada atom pusat tidak berpengaruh pada sudut ikatan yang ada, namun bertambahnya jumlah pasangan elektron bebas yang terdapat pada kulit valensi atom pusat akan memperpanjang ikatan yang ada, dan sebaliknya. Secara umum disimpulkan bahwa pengurangan sudut ikatan dapat diimbangi dengan bertambah panjangnya ikatan, dan sebaliknya.

Berdasarkan studi literatur didapatkan data bahwa gas NF_3 memiliki sifat termokimia seperti Kapasitas kalor (C) 53,26 J/(mol·K), Entropi molar standar ($S^\ominus$) 260,3 J/(mol·K) Entalpi pembentukan standar ($\Delta_f H^\ominus$) -31,4 kJ/mol, -109 kJ/mol, Energi bebas Gibbs ($\Delta_f G$) -84,4 kJ/mol. Berdasarkan komputasi dengan menggunakan *ChemOffice 15.0* didapatkan data jari-jari molekul NF_3 , jari jari atom N dan jari jari atom F berturut turut adalah 137 pm, 1.820 dan 1.650. Berdasarkan perhitungan matematis pada keadaan $\Delta E = 15$ kJ pada suhu 100 °C, 200 °C dan 250 °C didapatkan hasil viskositasnya berturut-turut adalah 13,1480; 10,3683; 9,37. Jadi dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu zat NF_3 tersebut maka viskositas atau kekentalannya akan berkurang. Karena tingginya suhu akan menyebabkan banyaknya ikatan pada NF_3 yang terputus. Sedangkan untuk data mobilitas ion pada jarak 0,001 m, 0,005 m, 0,01 m, 0,02 m dan 0,05m mobilitasnya berturut turut adalah 0,000025 ; 0,000125 ; 0,00025 ; 0,0005; 0,00125. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang akan ditempuh oleh ion maka mobilitas ionnya akan semakin besar.

3. Data Molekul

MM2 Minimization

Warning	: Some parameters are guessed (Quality = 1).
Iteration 2	: Minimization terminated normally because the gradient norm is less than the minimum gradient norm
Stretch	: 0.0000
Bend	: 0.0001
Stretch-Bend	: -0.0000
Torsion	: 0.0000
Non-1,4 VDW	: 0.0000
1,4 VDW	: 0.0000
Total	: 0.0001

Deleting lone pairs

Charges

N 0.671 [N(1)]

F -0.224 [F(2)]

F -0.224 [F(3)]

F -0.224 [F(4)]

Calculate MMFF94 Energy and Gradient

The total energy for this frame: 1.507 kcal/mole.

The RMS Gradient is: 11.248

4. *Gambar Molekul*

Gambar 1: Nitrogen trifluorida dua dimensi

Gambar 2: Nitrogen trifluorida tiga dimensi

5. *Jari-jari atom*

Gambar 3. N₂

MM2 Constant		Value	Quality			
Cubic stretch constant		-2.000	4			
Quartic stretch constant		2.333	4			
Sextic bending constant (* 10**8)		7.000	4			
Cutoff distance for charge/charge interactions		35.000	4			
Cutoff distance for charge/dipole interactions		25.000	4			
Cutoff distance for dipole/dipole interactions		18.000	4			
Cutoff distance for van der Waals interactions		10.000	4			
MM2	c3dAtomRadius	Eps	Weight	Reduct	Lone Pairs	Quality
10	1.820	0.055	14.003	0.000	0	4

Gambar 4. F

MM2 Constant	Value	Quality
Cubic stretch constant	-2.000	4
Quartic stretch constant	2.333	4
Sextic bending constant (* 10**8)	7.000	4
Cutoff distance for charge/charge interactions	35.000	4
Cutoff distance for charge/dipole interactions	25.000	4
Cutoff distance for dipole/dipole interactions	18.000	4
Cutoff distance for van der Waals interactions	10.000	4

MM2	c3dAtomRadius	Eps	Weight	Reduct	Lone Pairs	Quality
11	1.650	0.078	18.998	0.000	0	4

6. Jari-jari molekul

	MM2 Constant	Value	Quality
Cubic stretch constant	2.000	4	
Quartic stretch constant	2.333	4	
X-B,C,N,O-Y Stretch-Bend interaction force constant	0.120	4	
Sextic bending constant (* 10**8)	7.000	4	
Cutoff distance for charge/charge interactions	35.000	4	
Cutoff distance for charge/dipole interactions	25.000	4	
Cutoff distance for dipole/dipole interactions	18.000	4	
Cutoff distance for van der Waals interactions	10.000	4	

MM2	c3dAtomRadius	Eps	Weight	Reduct	Lone Pairs	Quality
8	1.820	0.055	14.003	0.000	1	4
11	1.650	0.078	18.998	0.000	0	4

7. Sifat-Sifat Termodinamika

Termokimia ialah suatu cabang ilmu kimia ⁽⁶³⁾ yang berhubungan dengan hubungan timbal balik antara panas dengan reaksi kimia atau dengan perubahan keadaan fisika. Secara umum, termokimia adalah penerapan dari termodinamika untuk studi kimia. Termokimia ⁽⁶⁴⁾ ialah sinonim dari termodinamika ⁽⁶⁵⁾ kimia. Entropi molar standar adalah jumlah entropi dalam satu mol zat pada keadaan standar (bukan dalam STP). Entropi molar standar disimbolkan dengan S° , dan dinyatakan dalam satuan SI joule per mol kelvin ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$). Tidak seperti perubahan entalpi, lain halnya dengan pembentukan, nilai S° yang bersifat absolut. Artinya, suatu unsur dalam keadaan standar mempunyai nilai bukan nol tapi S pada suhu ruangan. Entropi dari suatu struktur kristal murni memiliki nilai $0 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ pada suhu 0 K , menurut hukum termodinamika ketiga.

Perubahan entalpi pembentukan standar atau pembentukan standar dari sebuah senyawa adalah besarnya perubahan entalpi dari $1 \text{ mol}^{(66)}$ senyawa dalam keadaan standar. Lambangnya adalah ΔH_f° atau ΔfH° . Perubahan entalpi pembentukan standar dapat diukur dalam energi per satuan unit substansi. Satuan yang dipakai untuk perubahan pembentukan ini adalah kiloJoule per mol (kJ mol^{-1}), tetapi juga dapat diukur dalam satuan kalori per mol, joule per mol, atau kilokalori per mol. Dalam ilmu fisika, energy per partikel sering dituliskan dalam satuan elektron volt yang sama dengan kira-kira 100 kJ mol^{-1} .

Energi bebas Gibbs pembentukan standar suatu senyawa adalah perubahan energi bebas Gibbs yang menyertai pembentukan pada 1 mol zat tersebut dari unsur ⁽⁶⁷⁾ penyusunnya pada keadaan standar. Simbolnya adalah ΔfG° . Semua unsur dalam keadaan standarnya memiliki energi bebas Gibbs pembentukan standar nol, seperti tidak ada perubahan yang terlibat

$$\Delta fG = \Delta fG^\circ + RT \ln Q_f \quad (1)$$

Q_f adalah hasil bagi dari reaksi.
Pada kesetimbangan,

$$\Delta fG = 0 \text{ dan } Qf = K \quad (2)$$

persamaan menjadi

$$\Delta fG^\circ = -RT \ln K \quad (3)$$

Dimana, K adalah konstanta kesetimbangan.

Tabel 2. Termokimia NF₃

Property	Value
Kapasitas kalor (C)	53,26 J/(mol·K)
Entropi molar standar (S°)	260,3 J/(mol·K)
Entalpi pembentukan standar (Δ _f H°)	-31,4 kJ/mol -109 kJ/mol
Energi bebas Gibbs(Δ _f G)	-84,4 kJ/mol ⁽⁶⁸⁾

Perhitungan Δ_fG

1. Diketahui, pada suatu kondisi yaitu T = 25⁰C dan tekanan 1 atm berapakh jumlah Δ_fG senyawa NF₃?

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 \Delta fG^\circ &= (\Delta_f H^\circ) - T(\Delta S^\circ) \\
 &= -31,4 \text{ kJ/mol} - 298 \text{ K}(260,3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}) \\
 &= -31,4 \text{ kJ/mol} - 298(0,2603) \text{ kJ/mol} \\
 &= -31,4 \text{ kJ/mol} - 77,5694 \text{ kJ/mol} \\
 &= -108,9694 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

2. Diketahui, pada suatu kondisi yaitu T = 0⁰C dan tekanan 1 atm berapakh jumlah Δ_fG senyawa NF₃?

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 \Delta fG^\circ &= (\Delta_f H^\circ) - T(\Delta S^\circ) \\
 &= -31,4 \text{ kJ/mol} - 273 \text{ K}(260,3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}) \\
 &= -31,4 \text{ kJ/mol} - 273(0,2603) \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 71,0619 \text{ kJ/mol}$$

$$= -103,4619 \text{ kJ/mol}$$

3. Diketahui, pada suatu kondisi yaitu $T = 40^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm berapakah jumlah $\Delta_f G$ senyawa NF_3 ?

Jawaban :

$$\Delta_f G^{\circ} = (\Delta_f H^{\circ}) - T(\Delta S^{\circ})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 313 \text{ K}(260,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 313(0,2603) \text{ kJ/mol}$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 81,4739 \text{ kJ/mol}$$

$$= -112,8739 \text{ kJ/mol}$$

4. Diketahui, pada suatu kondisi yaitu $T = 80^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm berapakah jumlah $\Delta_f G$ senyawa NF_3 ?

Jawaban :

$$\Delta_f G^{\circ} = (\Delta_f H^{\circ}) - T(\Delta S^{\circ})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 353 \text{ K}(260,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 353(0,2603) \text{ kJ/mol}$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 91,8859 \text{ kJ/mol}$$

$$= -123,2856 \text{ kJ/mol}$$

5. Diketahui, pada suatu kondisi yaitu $T = 100^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm berapakah jumlah $\Delta_f G$ senyawa NF_3 ?

Jawaban :

$$\Delta_f G^{\circ} = (\Delta_f H^{\circ}) - T(\Delta S^{\circ})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 373 \text{ K}(260,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)})$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 373(0,2603) \text{ kJ/mol}$$

$$= -31,4 \text{ kJ/mol} - 77,5694 \text{ kJ/mol}$$

$$= -108,9694 \text{ kJ/mol}$$

Dari beberapa perhitungan diatas dapat disimpulkan menjadi tabel berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan ΔfG° NF_3 pada suhu yang berbeda-beda

Suhu($^\circ\text{C}$)	ΔfG° (kJ/mol)
0	- 103,4619
25	- 108,9694
40	- 112,8739
80	- 123,2856
100	- 128,4919

Dari tabel diatas dapat di buatkan grafik sebagai berikut ini:

Garafik 1. Nilai ΔfG° NF_3 terhadap suhu

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka ΔfG° NF_3 akan semakin meningkat. Sementara tanda minus hanyalah sebagai penanda bahwa terjadi reaksi.

8. Gerak Molekul

Gerakan ion ⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾

Dalam menentukan pengukuran konduktivitas ⁽⁷²⁻⁷⁶⁾, terlebih dahulu harus mengetahui penyebab dari pergerakan ion ⁽⁷⁷⁾ dengan laju yang berbeda-beda, dan penyebab ion tersebut memiliki konduktivitas ⁽⁷⁸⁻⁸⁰⁾ molar ⁽⁸¹⁻⁸³⁾ yang berlainan, serta penyebab konduktivitas molar elektrolit kuat berkurang dengan akar konsentrasi ⁽⁸⁴⁻⁸⁶⁾. Konsep nya adalah: makin besar mobilitas ion ⁽⁸⁷⁻⁸⁹⁾ dalam suatu larutan, maka makin besar pula kontribusinya pada konduktivitas (untuk muatan tertentu).

Mobilitas Ion ⁽⁹⁰⁻⁹²⁾

Mobilitas ion dapat dihitung dengan pengukuran sebenarnya jarak yang ditempuh setiap ion dalam waktu tertentu dengan metode batas bergerak.

$$U = \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})} \quad (4)$$

Dimana, x = jarak (m)

t = waktu (dt)

$(\frac{dE}{dx})$ = kekuatan medan (volt.m⁻¹)

$$E = \frac{dE}{dx} = \frac{I}{AL_s} \quad (5)$$

Maka

$$U = \frac{\lambda_m}{zF} \quad (6)$$

Z = valensi kation

F = Faraday

Perhitungan mobilitas ion

1. Jika diketahui ion-ion pada senyawa NF₃ bergerak secara bebas pada jarak 0,1 cm dalam jangka waktu 30 detik pada keadaan kekuatan medannya yaitu 10 volt.m⁻¹. Hitunglah mobilitas pergerakan ion pada senyawa NF₃ tersebut!

Jawaban:

$$\begin{aligned} U &= \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})} \\ &= \frac{0,001 \text{ m}}{30t(10\text{volt.m}^{-1})} \\ &= \frac{0,001}{40} \\ &= 0,000025 \end{aligned}$$

2. Jika diketahui ion-ion pada senyawa NF₃ bergerak secara bebas pada jarak 0,5 cm dalam jangka waktu 30 detik pada keadaan kekuatan medannya yaitu 10 volt.m⁻¹. Hitunglah mobilitas pergerakan ion pada senyawa NF₃ tersebut!

Jawaban:

$$U = \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,005 \text{ m}}{30t(10\text{volt.m}^{-1})} \\
 &= \frac{0,005}{40} \\
 &= 0,000125
 \end{aligned}$$

3. Jika diketahui ion-ion pada senyawa NF3 bergerak secara bebas pada jarak 1 cm dalam jangka waktu 30 detik pada keadaan kekuatan medannya yaitu 10 volt.m⁻¹. Hitunglah mobilitas pergerakan ion pada senyawa NF3 tersebut!

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})} \\
 &= \frac{0,01 \text{ m}}{30t(10\text{volt.m}^{-1})} \\
 &= \frac{0,01}{40} \\
 &= 0,00025
 \end{aligned}$$

4. Jika diketahui ion-ion pada senyawa NF3 bergerak secara bebas pada jarak 2 cm dalam jangka waktu 30 detik pada keadaan kekuatan medannya yaitu 10 volt.m⁻¹. Hitunglah mobilitas pergerakan ion pada senyawa NF3 tersebut!

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})} \\
 &= \frac{0,02 \text{ m}}{30t(10\text{volt.m}^{-1})} \\
 &= \frac{0,02}{40} \\
 &= 0,0005
 \end{aligned}$$

5. Jika diketahui ion-ion pada senyawa NF3 bergerak secara bebas pada jarak 5 cm dalam jangka waktu 30 detik pada keadaan kekuatan medannya yaitu 10 volt.m⁻¹. Hitunglah mobilitas pergerakan ion pada senyawa NF3 tersebut!

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{x}{t(\frac{dE}{dx})} \\
 &= \frac{0,05 \text{ m}}{30t(10\text{volt.m}^{-1})} \\
 &= \frac{0,05}{40} \\
 &= 0,00125
 \end{aligned}$$

Dari beberapa perhitungan diatas dapat disimpulkan menjadi tabel berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan mobilitas ion yang berbeda-beda

Jarak(m)	Mobilitas ion
0,001	0,000025
0,005	0,000125
0,01	0,00025
0,02	0,0005
0,05	0,00125

Dari tabel diatas dapat di buatkan grafik sebagai berikut ini:

Grafik 2. Nilai mobilitas ion terhadap jarak yang ditempuh oleh ion

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang akan ditempuh oleh ion denag waktu yang sama dan kekuatan medan yang sama maka mobilitas ion tersebut akan semakin meningkat pula.

9. Viskositas

Viskositas^(14; 93-96) merupakan suatu pengukuran dari ketahanan atau kekentalan fluida⁽⁹⁷⁻¹⁰⁰⁾ yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Pada kehidupan sehari-hari (dan hanya untuk fluida), viskositas sering disebut "Ketebalan" atau "pergesekan internal".

Konsep dasar viskositas kinematik adalah perkembangan dari penggunaan cairan untuk menghasilkan aliran melalui suatu tabung kapiler. Koefisien viskositas benilai absolut, apabila

dibagi oleh kerapatan fluidanya disebut viskositas kinematik. Dalam system metrik satuan viskositas disebut juga dengan Stoke dan mempunyai satuan centimeter kuadrat per detik..

Nilai viskositas dapat ditentukan melalui pengaruh suhu pada permukaan dengan rumus yaitu:

$$\eta = A e^{\frac{\Delta E}{RT}}$$

Dimana A dan R adalah ketetapan, sedangkan ΔE adalah energi pengaktifasi.

Perhitungan Viskositas

1. Jika diketahui ΔE dari NF3 yang berwujud cair adalah 15 kJ/mol dan suhunya adalah 100 °C, maka hitunglah berapakah viskositas zat NF3 pada keadaan tersebut!

Jawaban:

$$\eta = A e^{\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$\eta = A e^{\frac{15000 J/mol}{8,314 J/Kmol \cdot 373 K}}$$

$$\eta = A \cdot e^{\frac{15000}{3101,122}}$$

$$\eta = A \cdot e^{4,8369}$$

$$\eta = 13,1480 A$$

2. Jika diketahui ΔE dari NF3 yang berwujud cair adalah 15 kJ/mol dan suhunya adalah 200 °C, maka hitunglah berapakah viskositas zat NF3 pada keadaan tersebut!

Jawaban:

$$\eta = A e^{\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$\eta = A e^{\frac{15000 J/mol}{8,314 J/Kmol \cdot 473 K}}$$

$$\eta = A \cdot e^{\frac{15000}{3932,522}}$$

$$\eta = A \cdot e^{3,8143}$$

$$\eta = 10,3683 A$$

3. Jika diketahui ΔE dari NF3 yang berwujud cair adalah 15 kJ/mol dan suhunya adalah 250 °C, maka hitunglah berapakah viskositas zat NF3 pada keadaan tersebut!

Jawaban:

$$\eta = A e^{\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$\eta = A e^{\frac{15000 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/Kmol} \cdot 523 \text{ K}}}$$

$$\eta = A \cdot e^{\frac{15000}{4348,222}}$$

$$\eta = A \cdot e^{3,4488}$$

$$\eta = 9,37A$$

Dari beberapa perhitungan diatas dapat disimpulkan menjadi tabel berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan mobilitas ion yang berbeda-beda

Suhu(⁰ C)	Viskositas.A
100	13,1480
200	10,3683
250	9,37

Dari tabel diatas dapat di buatkan grafik sebagai berikut ini:

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu zat NF3 tersebut maka viskositas atau kekentalannya akan berkurang. Karena tingginya suhu akan menyebabkan banyaknya ikatan pada NF3 yang terputus.

10. Daya Hanyut ⁽¹⁰¹⁻¹⁰³⁾

Jika ada dua buah elektroda yang terpisah dengan jarak l berada pada selisih potensial ($\Delta\phi$), maka ion dalam larutan antara kedua elektroda ^(104; 105) tersebut akan mengalami medan listrik ⁽¹⁰⁶⁻¹¹⁰⁾ sebesar (E) :

$$E = \frac{\Delta\phi}{l} \quad (8)$$

Untuk ion (muatan ion) mengalami gaya sebesar :

$$F = zeE = \frac{ze\Delta\phi}{l} \quad (9)$$

Sedangkan gaya perlambatan (F'), sedangkan gaya gesek (f) maka :

$$F' = f s \quad f = 6\pi\eta a \quad (10)$$

Kedua gaya ini bekerja dalam arah yang berlawanan dan ion mencapai kecepatan akhir, yaitu kecepatan hanyut ion (s), jika gaya mempercepat F diimbangi oleh gaya perlambatan F' . Gaya neto menjadi nol ($F=F'$) jika :

$$s = \frac{zeE}{f} \quad (11)$$

Dengan menggunakan rumus $s = \frac{zeE}{f}$ untuk menghitung daya hanyut NF3 didapat data seperti pada tabel.

Tabel. 4. Daya hanyut terhadap gaya gesek senyawa NF3

Gaya gesek	s(daya hanyut)
1 N	7 s
3 N	5 s
4 N	4 s
5 N	2 s

Dari tabel diatas dapat di buatkan grafik sebagai berikut ini:

Grafik 4. Pengaruh Gaya gesek terhadap daya hanyut senyawa NF3

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya gesek yang terjadi pada suatu pergerakan partikel maka daya hanyut dari senyawa itu juga akan semakin kecil. Karena banyak terjadi gesekan yang membuat partikel pada senyawa tersebut susah untuk bergerak.

11. Hantaran

Konduktivitas⁽¹¹¹⁾ digunakan untuk mengukur daya hantar larutan atau cairan elektrolit⁽¹¹²⁾. Besarnya konduktivitas ditentukan oleh konsentrasi elektrolit. Energi⁽¹¹³⁾ listrik dapat di transfer melalui materi berupa hantaran yang bermuatan listrik yang berwujud arus listrik yang berarti bahwa harus ada pembawa muatan listrik di dalam materi serta adanya gaya yang menggerakkan pembawa muatan tersebut. Pembawa dari muatan itu dapat berupa elektron atau dapat juga digunakan ion positif dan ion negatif seperti dalam larutan elektrolit dan lelehan garam. Gaya listrik yang menyebabkan muatan bergerak biasanya berasal dari baterai, generator atau sumber energy listrik yang lain. Muatan listrik akan berpindah jika terdapat perbedaan potensial diantara dua tempat tersebut. Arus listrik akan mengalir atau berpindah dari tempat yang berpotensi⁽¹¹⁴⁾ tinggi menuju potensial rendah. Arus listrik terjadi didalam suatu larutan karena adanya pergerakan ion. Senyawa NF3 merupakan suatu senyawa yang dalam wujud gas.

12. Besaran KF 3

Bilangan Transport⁽¹¹⁵⁻¹¹⁷⁾

Definisi :

Fraksi dari arus total⁽¹¹⁸⁾ yang dibawa oleh ion jenis tertentu. Untuk larutan dengan 2 jenis ion, bilangan transport⁽¹¹⁵⁻¹¹⁷⁾ kation :

$$t_{+} = \frac{I^{+}}{I} \quad (12)$$

I= arus total

$$I = t_+ + t_- \quad (13)$$

Bilangan transport pembatas (t^0) untuk limit konsentrasi nol dari larutan elektrolit.

Jika $I \propto \kappa$ sehingga :

$$t^0 = \frac{z \nu u}{\sum_i z \nu u_i} \quad (14)$$

Untuk elektrolit simetris (bilangan muatan untuk kedua ion sama) maka persamaan diatas disederhanakan :

$$t^0 = \frac{u}{\sum_i u_i} \quad (15)$$

Hubungan antara konduktivitas ion dengan mobilitas ion :

$$t^0 = \frac{\nu \lambda}{\sum_i \nu_i \lambda_i} = \frac{\nu \lambda}{\Lambda_m^0} \quad (16)$$

Jadi untuk setiap jenis ion :

$$\nu \lambda = t^0 \Lambda_m^0 \quad (17)$$

Kecepatan Difusi

Kecepatan difusi adalah perpindahan molekul gas dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Kecepatan difusi berbanding lurus dengan gradien(konsentrasi, suhu, momentu dan tekanan.

1. Jika yang berindah adalah materi, gradien (konsentrasi)

$$J_Z = \infty - \frac{dN}{dz} \quad (18)$$

Karena perpindahan dari yang tinggi ke yang rendah maka nilai dN = -

$$J_Z = \infty - D \frac{dN}{dz} \quad (19)$$

Dimana D adalah koefisien difusi = $1/2\lambda C$

2. Jika yang berpindah adalah energi, gradien(suhu)

$$J_Z = -k \frac{dT}{dz} \quad (20)$$

Dimana K adalah koefisien kappa

Nilai K = $1/3 \lambda C n/V C_{vm}$

$$J_Z = -k \frac{dT}{dz}$$

Dengan menggunakan rumus untuk menghitung kecepatan difusi senyawa NF3 didapat data seperti pada tabel.

Tabel. 4. Kecepatan difusi terhadap suhu

Kecepatan Difusi (m/s)	Suhu(⁰ C)
100	50
200	100
300	150
400	200

Dari tabel diatas dapat di buatkan grafik sebagai berikut ini:

Grafik 5. Pengaruh suhu terhadap kecepatan difusi

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa suhu sangat mempengaruhi kecepatan difusi dari senyawa NF₃. Yang mana semakin tinggi suhu maka kecepatan difusi dari suatu reaksi semakin meningkat hal ini terjadi karena semakin meningkat pula pergerakan partikel dalam senyawa.

13. Besaran KF 3

Parameter Transfor Elektron NF₃

1. Fraksi Energi Elektron

Secara praktis, data mutlak oleh Szmytkowski di 0,5–370 energi tabrakan eV adalah satu-satunya ukuran total penampang lintang (TCS) di NF₃. Redaman sinar dari Metode deBeer Lambert digunakan, dengan hamburan sepanjang 3 cm sel dan 2×10^{-3} sr resolusi sudut⁽¹¹⁹⁾. Sistematis kesalahan dideklarasikan (gas keluar dari sel hamburan, penentuan panjang hamburan, non-linearitas saat ini, dan tekanan⁽⁶⁰⁾ dan pengukuran suhu) berada dalam 5%,

Table 3⁽¹²⁰⁾. Properties of NF₃ at the equilibrium⁽¹²¹⁻¹²⁴⁾ position of the ground electric state. A, B, and C are rotational constants; a^0 is the spherical dipole polarizability⁽¹²⁵⁾

Property	Value
F–N bond length	1.365 °A
FNF angle	102.48
Dipole moment	0.235 D
A=B	10.681 081 9(15) GHz
C	5.8440 GHz
a ⁰	3.62 3 10230 m3

dimana kesalahan resolusi⁽¹²⁶⁾ sudut yang dilaporkan adalah 0,2% pada energi rendah, naik menjadi 1% pada 100 eV dan 2% -3% di tinggi batas energi. Spread statistik (satu standar deviasi dari nilai rata-rata tertimbang mereka) 1,5% di bawah 1 eV dan di bawah 1% pada energi menengah. TCSs^(127; 128) dibandingkan dengan eksperimental penampang elastis⁽¹²⁹⁻¹³²⁾, ionisasi⁽¹³³⁻¹³⁵⁾ dan vibrasi eksitasi^(3; 136-139) (dihitung dalam pendekatan Born) pada Gambar. 4.

Perhitungan integral penampang elastis, memprediksi struktur resonansi yang jauh lebih sempit (dan lebih tinggi) dari resonansi^(122; 140; 141) yang terlihat di TCS, lihat Gambar 4. Ini mungkin karena mengabaikan gerak nuklir dalam perhitungan. Resolusi sudut⁽¹¹⁹⁾ yang agak buruk dari aparat dari Szymkowski dkk. membuat pengukuran mereka rentan terhadap kesalahan resolusi sudut pada energi tinggi. Untuk verifikasi ini, pada Gambar. 5, kami menunjukkan plot Bethe-Born dari TCS, sebagai dilakukan dalam tinjauan kami sebelumnya pada CH₄.

$$(E) = A/E + B \log(E)/E \quad (21)$$

Dimana energi diekspresikan dalam Rydbergs⁽¹⁴²⁾, Ry = 13.6 eV, dan penampang dinyatakan dalam satuan atom a₀² = 0,28 x 10⁻¹⁶cm². Parameter fit berdasarkan eksperimen points antara 100 dan 220 eVare A= -110 ± 10 dan B = 610 ± 20. Bertentangan dengan harapan, plot pada Gambar. 5 menunjukkan bahwa TCS yang diberikan oleh Szymkowski adalah

Gambar 4⁽¹²⁰⁾. TCS oleh Szmytkowski dibandingkan dengan integral eksperimental penampang elastis Boesten eksitasi getaran integral (Born aproksimasi untuk mode aktif IR n3), dan ionisasi total (teori oleh Rahman).

Gambar 5⁽¹²⁰⁾ Bethe – Born plot TCS oleh Szmytkowski dalam energinya yang tinggi membatasi. TCS dari aturan aditif yang dimodifikasi dari Shi juga ditampilkan untuk perbandingan (data dibaca dari Gambar 4)

2. Koefesien Disosiatif

Rescigno menggunakan metode variasi Kohn kompleks dan memperoleh diferensial elastis^(143; 144) dan perpindahan cross-momentum (dalam rentang energi elektron 0,2-10 eV) juga sebagai penampang untuk eksitasi disosiatif⁽¹⁴⁵⁻¹⁴⁷⁾ dari singlet⁽¹⁴⁸⁻¹⁵⁰⁾ terendah dan triplet^(151; 152) keadaan tereksitasi⁽¹⁵³⁾ secara elektronik⁽¹⁵⁴⁾ (dari ambang energi hingga 25 eV). Boesten mengukur diferensial elastis penampang, integral elastis⁽¹⁵⁵⁻¹⁵⁷⁾ dan cross-sections momentum-transfer⁽¹⁵⁷⁻¹⁵⁹⁾ (melalui energi elektron kisaran 1,5-100 eV), serta lintas-bagian diferensial untuk eksitasi getaran. Joucoski dan Bettega menghitung diferensial, integral dan perpindahan momentum lintas-bagian (untuk energi elektron hingga 60 eV) menggunakan multichannel Schwinger metode dalam pendekatan pertukaran statis fixed-nuclei⁽¹⁶⁰⁻¹⁶⁵⁾.

Beberapa peneliti telah mempelajari dampak elektron ionisasi NF₃. Reese dan Dibeler menentukan potensi penampilan NF + 3, NF + 2, NF +, N +, F +, F – dan F–2 ion dengan spektrometri massa⁽¹⁶⁶⁻¹⁶⁸⁾. Tarnovsky dkk dan Becker dan Tarnovsky mengukur dampak elektron absolut ionisasi^(134; 169-172) penampang NF₃ dari ambang ke 200 Ev mengarah pada pembentukan NF + 3, NF + 2, NF +, N + dan F + ion. Deutsch menggunakan formalisme Deutsch-Mark untuk menghitung total ionisasi tunggal⁽¹⁷³⁻¹⁷⁶⁾ dampak elektron absolut⁽¹⁷⁷⁻¹⁸¹⁾ penampang NF₃. Namun, hasil mereka melebihi nilai eksperimental dengan faktor dua Haaland mengukur ionisasi NF₃ dan penampang ionisasi disosiatif dengan spektrometer^(173; 182-185) massa Fourier transform atas rentang energi elektron hingga 200 eV.

Percobaan telah menunjukkan bahwa ion negatif F⁻ adalah produk dominan dari keterikatan disosiatif elektron⁽¹⁸⁶⁻¹⁹¹⁾. Penampang untuk proses ini adalah antara dua hingga empat lipat lebih besar dari yang untuk penciptaan F–2 dan NF–2 ion Kami menggunakan penampang eksitasi getaran dari Dyatko dan Napartovich, eksitasi disosiatif⁽¹⁹²⁻¹⁹⁴⁾ penampang Rescigno, dan ionisasi eksperimental penampang dari Tarnovsky. Untuk mengekstrapolasi disosiatif cross-section eksitasi untuk NF₃ dalam rentang energi elektron $\epsilon > 25$ eV diasumsikan bahwa mereka memiliki bentuk yang serupa ke penampang lintang eksposisi disosiatif.

Gambar 6⁽¹²⁰⁾. The MTCS for elastic collisions obtained in different studies. The recommended data are shown by the thick green line. The data are the theoretical results by Hamilton below 0.65 eV and the experimental results by Boesten above 1.5 eV. ⁽¹²⁰⁾ RB—combined momentum-transfer cross-section by Rescigno and Boesten

3. Koefisien First Townsend

Di proses semua perhitungan (RB dan JB momentum transfer cross-sections) kode BOLSIG + ⁽¹⁹⁵⁾ menemukan solusi dalam rentang E/p 3Vcm – 1 Torr – 1 dan E/p 10.3Vcm – 1 Torr – 1, sedangkan di kisaran yang terletak di antara mereka ketidakstabilan numerik terjadi dan kode ini dilengkapi hasil tidak memiliki makna fisik (misalnya negatif yang lebih dulu Koefisien Townsend mungkin muncul). Gambar 4 menunjukkan koefisien Townsend pertama yang dihitung untuk ionisasi α/p dan koefisien pelekatan elektron η/p sebagai fungsi medan listrik berkurang E/p . Hasil yang diperoleh menggunakan gabungan penampang transfer momentum RB memiliki ionisasi α/p dan lampiran η/p yang agak rendah koefisien dari yang diperoleh dari JB momentum transfer penampang ^(196; 197). Untuk koefisien Townsend pertama di $E/p = 15\text{Vcm} - 1\text{ Torr} - 1$ kita memiliki nilai 0,036 dan 0,052 untuk penampang transfer momentum RB dan JB, masing-masing. Pada nilai-nilai medan listrik yang berkurang $E/p = 50\text{Vcm} - 1\text{ Torr} - 1$ dan $E/p = 366\text{Vcm} - 1\text{ Torr} - 1$ Koefisien Townsend pertama α/p , dihitung dengan RB dan lintas-perpindahan momentum JB, bertepatan. Dalam kisaran $E/p = 50-366\text{Vcm} - 1\text{ Torr} - 1$ kurva yang diperoleh dengan penampang transfer momentum RB berjalan agak lebih tinggi dari itu untuk penampang transfer momentum JB (pada $E/p = 100\text{Vcm} - 1\text{ Torr} - 1$, nilai α/p adalah sama ke 2,47 dan 2,39 masing-masing).

Gambar 7⁽¹⁰⁾. Koefisien First Townsend untuk ionisasi (1, 2) dan lampiran (3, 4) terhadap medan listrik E/p yang berkurang di NF3. Kurva 1 dan 3 dihitung dengan RB gabungan cross-section momentum-transfer, kurva 2 dan 4 adalah dihitung dengan penampang transfer momentum JB.

4. Tumbukan Elastis dan Inelastis

Kode BOLSIG + memecahkan persamaan Boltzmann ^(198; 199) menggunakan potongan melintang dari tumbukan elastis dan inelastis antara elektron ⁽²⁰⁰⁾ dan molekul gas (dalam kasus kami dengan NF3). Pertama ia memberi fungsi distribusi elektron energi (EEDFs) ^(201; 202), dan kemudian mereka digunakan untuk mencari elektron parameter transportasi. Momentum-transfer penampang adalah yang terbesar dari

penampang tabrakan antara elektron dan molekul gas, oleh karena itu secara signifikan mempengaruhi EEDFs dan, Sejalan dengan itu, tingkat tabrakan. Apalagi, seperti itu parameter transportasi sebagai mobilitas, kecepatan gerak dan elektron difusi⁽²⁰³⁾ tidak hanya bergantung pada bentuk EEDF tetapi juga secara langsung pada cross-section momentum transfer. Seperti dalam kedua mode perhitungan penampang untuk eksitasi, ionisasi dan attachment tetap sama, semua variasi transpor elektron⁽²⁰⁴⁾ yang diamati parameter secara langsung terkait dengan perubahan relatif dari penampang transfer momentum RB dan JB.

Gambar 8 menunjukkan tingkat ionisasi⁽²⁰⁵⁾ parsial untuk formasi ion positif NF_3^+ ⁽²⁰⁶⁻²¹²⁾, NF_2^+ , NF^+ dan F^+ serta total laju ionisasi⁽²¹³⁾ sebagai fungsi dari medan listrik yang berkurang. Perhitungan itu dilakukan menggunakan transfer momentum JB penampang melintang dan ionisasi dampak elektron dari Tarnovsky.

Gambar 8⁽¹⁰⁾. Partial ionization rates for producing positive NF_3^+ , NF_2^+ , NF^+ and F^+ ions, and the total ionization rate against the reduced electric field E/p in NF_3 calculated with the JB momentum-transfer cross-section.⁽¹⁰⁾

5. Mobilitas Elektron

Gambar 9⁽¹⁰⁾. Elektron mobilitas terhadap medan listrik berkurang E/p di NF3. Kurva dihitung dengan gabungan RB cross-section momentum-transfer, kurva 2 dihitung dengan JB cross section momentum-transfer,

Gambar 9 menunjukkan mobilitas elektron μ_e , yang mana koefisien proporsionalitas⁽²¹⁴⁻²¹⁹⁾ antara elektron drift kecepatan V_{dr} dan kekuatan medan listrik E . Mobilitas muncul ketika medan listrik diterapkan ke gas, memimpin dengan munculnya aliran elektron⁽²²⁰⁾ yang mapan. Itu perhitungan menggunakan gabungan RB cross-section memberikan yang lebih tinggi mobilitas elektron dibandingkan dengan JB di bawah $24 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$ dan di atas $136 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$

Energi karakteristik elektron⁽⁴³⁾ (rasio koefisien difusi untuk mobilitas elektron) D_e / μ_e disajikan pada gambar 10. Menggunakan gabungan RB cross-section momentum-transfer memberikan untuk bidang rendah E/p $3 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$ lebih tinggi D_e / μ_e dari JB satu (0,13 eV dan 0,091 eV, masing-masing pada $E/p = 1 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$). Dalam rentang $E/p \approx 3-10 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$, di mana ketidakstabilan numerik diamati, mungkin sebuah pertumbuhan tiba-tiba D_e / μ_e terjadi dengan listrik yang berkurang bidang E/p .

6. Kecepatan Drift

Sebagai mobilitas elektron (serta kecepatan drift) berbanding terbalik dengan tingkat tabrakan transportasi^(221; 222), lebih tinggi μ_e nilai pada E/p rendah $24 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$ dan tinggi E/p $136 \text{ Vcm} - 1 \text{ Torr} - 1$ akan diperoleh menggunakan gabungan RB cross-section momentum-transfer. Di kisaran nilai E/p menengah, nilai mobilitas yang ditentukan dengan penampang transfer momentum JB akan lebih tinggi daripada mereka dengan penampang RB. Pertimbangkan sekarang hubungan antara karakteristik dan energi rata-rata⁽²²³⁻²²⁹⁾. Mari kita tulis ekspresi untuk elektron mobilitas.

$$\mu_e = - \left(\frac{2}{m} \right)^{1/2} \cdot \frac{e}{3N} \cdot \int_0^\infty \frac{\epsilon}{Qm(\epsilon)} \frac{df_0(\epsilon)}{d\epsilon} \quad (22)$$

dan koefisien difusi melintang

$$D_e = \left(\frac{2}{m}\right)^{1/2} \cdot \frac{1}{3N} \cdot \int_0^\infty \frac{\varepsilon f_0(\varepsilon)}{Qm(\varepsilon)} d\varepsilon \quad (23)$$

rasionya menghasilkan

$$\frac{e D_e}{\mu e} = - \int_0^\infty \frac{\varepsilon f_0(\varepsilon)}{Qm(\varepsilon)} d\varepsilon / \int_0^\infty \frac{\varepsilon}{Qm(\varepsilon)} \frac{df_0(\varepsilon)}{d\varepsilon} d\varepsilon \quad (24)$$

Di sini e adalah muatan satuan, mis mis massa elektron, ε adalah elektron energi, $f_0(\varepsilon)$ adalah bagian isotropik dari EEDF⁽²³⁰⁾, $Qm(\varepsilon)$ adalah cross-section momentum transfer dan N adalah konsentrasi molekul gas. Difusi⁽²³¹⁻²³³⁾ koefisien D_e ciri gerakan kacau elektron melintasi arah medan listrik E , dan mobilitas μe menggambarkan gerakan elektron di sepanjang lapangan. Energi elektron rata-rata $\langle \varepsilon \rangle$ ditentukan oleh formula berikut:

$$\langle \varepsilon \rangle = \int_0^\infty \varepsilon^{3/2} f_0(\varepsilon) d\varepsilon \quad (25)$$

Gambar 11⁽¹⁰⁾. Kecepatan pergeseran elektron terhadap medan listrik yang berkurang E/p dalam NF3. Kurva 1 dihitung dengan gabungan RB cross-section momentum-transfer, kurva 2 dihitung dengan JB cross-section momentum-transfer, berlian 3 adalah eksperimen kami data.

14. Besaran KF3

Hubungan Einstein

Hukum Fick untuk fluks partikel dalam mol molekul ⁽⁶¹⁾ per satuan luas per satuan waktu adalah:

$$J = -D \frac{dc}{dx} \quad (26)$$

Dengan D merupakan koefisien difusi dan dc/dx merupakan kemiringan dari konsentrasi molar. Fluks partikel berhubungan dengan kecepatan hanyut, dengan:

$$J = sc \quad (27)$$

Hubungan ini merupakan kelanjutan dari argument yang sudah kita gunakan beberapa kali sebelumnya. Jadi, semua partikel dalam jarak $s\Delta_t$ A , dapat melewati jendela dengan luas A dalam selang waktu Δ_t . Dengan demikian, jumlah molekul dapat lewat dalam selang waktu itu adalah: $s\Delta_t \times c$, sehingga:

$$Sc = -D \frac{dc}{dx} \quad (28)$$

Jika sekarang kita menyatakan dc/dx dalam ϵ , menggunakan persamaan 28, maka kita memperoleh:

$$S = -\frac{D}{c} \frac{dc}{dx} = \frac{D}{RT} \times \epsilon \quad (29)$$

Terdapat satu kasus ketika kita sudah mengetahui kecepatan hanyut dan gaya efektif yang bekerja pada partikel: ion dalam larutan mempunyai kecepatan hanyut $s = \mu E$ jika ion itu mengalami gaya zFE , dan zFE per mol, dari medan listrik dengan kuat medan E . Jadi penggantian nilai tersebut ke dalam persamaan di atas, menghasilkan:

$$\mu E = \frac{D}{RT} \times zFE \quad \text{atau} \quad \mu = \frac{zFD}{RT} \quad (30)$$

$$D = \frac{\mu RT}{zF} \quad (31)$$

Persamaan ini tertata ulang menjadi hasil yang sangat penting, yang dikenal sebagai **hubungan Einstein**, antara koefisien difusi dengan mobilitas ion ⁽²³⁴⁾

15. Energy Optomasi

MM2 Dynamics

Warning: Some parameters are guessed (Quality = 1).

Iteration	Time	Total Energy	Potential Energy	Temperature
5	0.010	0.037 ± 0.019	0.016 ± 0.012	1.43 ± 0.90
10	0.020	0.089 ± 0.018	0.043 ± 0.016	3.07 ± 0.87
15	0.030	0.117 ± 0.003	0.075 ± 0.013	2.81 ± 0.84
20	0.040	0.160 ± 0.009	0.096 ± 0.022	4.28 ± 1.79
25	0.050	0.183 ± 0.014	0.070 ± 0.021	7.59 ± 1.96
30	0.060	0.213 ± 0.008	0.074 ± 0.020	9.29 ± 1.23
35	0.070	0.249 ± 0.008	0.125 ± 0.024	8.36 ± 1.40
40	0.080	0.269 ± 0.014	0.143 ± 0.013	8.44 ± 1.06
45	0.090	0.312 ± 0.009	0.116 ± 0.042	13.20 ± 3.36
50	0.100	0.336 ± 0.009	0.101 ± 0.028	15.79 ± 2.11
55	0.110	0.367 ± 0.009	0.168 ± 0.030	13.33 ± 1.51
60	0.120	0.395 ± 0.012	0.231 ± 0.028	10.98 ± 1.35
65	0.130	0.424 ± 0.010	0.185 ± 0.028	16.07 ± 2.12

70	0.140	0.447 ± 0.011	0.101 ± 0.025	23.22 ± 1.33
75	0.150	0.475 ± 0.005	0.150 ± 0.036	21.79 ± 2.25
80	0.160	0.511 ± 0.012	0.265 ± 0.027	16.54 ± 1.75
85	0.170	0.548 ± 0.014	0.253 ± 0.046	19.79 ± 3.50
90	0.180	0.586 ± 0.013	0.168 ± 0.022	28.02 ± 1.40
95	0.190	0.618 ± 0.013	0.163 ± 0.071	30.57 ± 4.13
100	0.200	0.654 ± 0.010	0.255 ± 0.062	26.78 ± 3.59
Translational Kinetic Energy: 0.0000 Rotational Kinetic Energy: 0.2103				
105	0.210	0.485 ± 0.003	0.302 ± 0.037	12.31 ± 2.64
110	0.220	0.542 ± 0.008	0.234 ± 0.063	20.65 ± 4.52
115	0.230	0.569 ± 0.009	0.219 ± 0.076	23.48 ± 5.09
120	0.240	0.604 ± 0.017	0.353 ± 0.064	16.86 ± 3.57
125	0.250	0.647 ± 0.017	0.423 ± 0.043	14.98 ± 2.37
130	0.260	0.684 ± 0.009	0.304 ± 0.088	25.55 ± 6.25
135	0.270	0.715 ± 0.016	0.238 ± 0.088	31.95 ± 6.37
140	0.280	0.756 ± 0.007	0.379 ± 0.023	25.26 ± 1.87
145	0.290	0.794 ± 0.021	0.545 ± 0.078	16.72 ± 5.82
150	0.300	0.841 ± 0.013	0.505 ± 0.076	22.58 ± 5.81
155	0.310	0.872 ± 0.014	0.291 ± 0.028	38.92 ± 2.43
160	0.320	0.895 ± 0.009	0.344 ± 0.102	36.99 ± 6.69
165	0.330	0.924 ± 0.015	0.589 ± 0.124	22.45 ± 8.27
170	0.340	0.969 ± 0.011	0.606 ± 0.101	24.39 ± 7.07
175	0.350	1.016 ± 0.023	0.443 ± 0.074	38.41 ± 5.91
180	0.360	1.048 ± 0.015	0.412 ± 0.148	42.67 ± 9.27
185	0.370	1.071 ± 0.022	0.607 ± 0.209	31.11 ± 13.12
190	0.380	1.100 ± 0.018	0.681 ± 0.068	28.09 ± 3.91
195	0.390	1.129 ± 0.016	0.499 ± 0.113	42.23 ± 7.12
200	0.400	1.163 ± 0.013	0.407 ± 0.075	50.75 ± 4.66

Berdasarkan data dari komputasi Chemdraw diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar perulangan yang dilakukan molekul maka semakin banyak waktu yang dibutuhkannya dan energi yang dibutuhkan untuk bergerak itu juga akan semakin banyak.

4. Kesimpulan

Nitrogen trifluorida⁽⁵⁻⁹⁾ adalah suatu senyawa anorganik dengan rumus NF_3 . Senyawa nitrogen⁽¹³⁻¹⁵⁾ - fluor⁽¹⁶⁻¹⁸⁾ ini adalah gas tak berwarna, tak berbau dan tidak mudah terbakar. Penggunaannya dalam mikroelektronika⁽¹⁹⁻²¹⁾ ditemukan meningkat. NF_3 ini merupakan suatu molekul dengan bentuk molekul piramidal trigonal⁽²³⁻²⁶⁾. NF_3 sedikit larut dalam air yaitu 0,021 g/100 ml tanpa mengalami reaksi kimia⁽²³⁵⁾. Maksudnya adalah NF_3 ini akan larut dalam jumlah 0,021 g dalam 100 ml air. Ini nonbasic dengan momen dipol⁽²⁷⁻³¹⁾ yang rendah 0,2340 D. Untuk mengetahui bentuk molekul menggunakan pemodelan komputasi dengan software *chemoffice 15.0*. NF_3 memiliki viskositas yang berbeda-beda tergantung pada suhu. Berdasarkan perhitungan matematis pada keadaan $\Delta E = 15$ kJ pada suhu 100 °C, 200 °C dan 250 °C didapatkan hasil viskositasnya berturut-turut adalah 13,1480; 10,3683; 9,37. Jadi dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu zat NF_3 tersebut maka viskositas atau kekentalannya akan berkurang. Karena tingginya suhu akan menyebabkan banyaknya ikatan pada NF_3 yang terputus. Sedangkan untuk data mobilitas ion pada jarak 0,001 m, 0,005 m, 0,01 m, 0,02 m dan 0,05m mobilitasnya berturut turut adalah 0,000025 ; 0,000125 ; 0,00025 ; 0,0005; 0,00125. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang akan ditempuh oleh ion maka mobilitas ionnya akan semakin besar. Nilai daya hanyut pada gaya gesek 1 N dan 3 N berturut turut adalah 7 s dan 5. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya gesek yang terjadi pada suatu pergerakan partikel maka daya hanyut dari senyawa itu juga akan semakin kecil. Karena banyak terjadi gesekan yang membuat partikel pada senyawa tersebut susah untuk bergerak. Nilai kecepatan difusi pada suhu 50°C dan 100°C berturut turut adalah 100 m/s dan 200 m/s. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu sangat mempengaruhi kecepatan difusi dari senyawa NF_3 . Yang mana semakin tinggi suhu maka kecepatan difusi dari suatu reaksi semakin meningkat hal ini terjadi karena semakin meningkat pula pergerakan partikel dalam senyawa. Dari komputasi chemdraw untuk menghitung energi stability atau energi optimasi dari senyawa NF_3 untuk data iteration 5 dan 10 dengan, waktu, total energi, potensial energi dan suhu berturut-turut adalah 0.010 0.037 ± 0.019 0.016 ± 0.012 1.43 ± 0.90 dan 0.020 0.089 ± 0.018 0.043 ± 0.016 3.07 ± 0.87. Berdasarkan data dari komputasi Chemdraw diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar perulangan yang dilakukan molekul maka semakin banyak waktu yang dibutuhkannya dan energi yang dibutuhkan untuk bergerak itu juga akan semakin banyak. NF_3 adalah pengoksidasi^(21; 37; 38) yang ampuh namun lamban.

Referensi

1. Ackerman LKG, Martinez Alvarado JI, Doyle AG. 2018. Direct C-C Bond Formation from Alkanes Using Ni-Photoredox Catalysis. *Journal of the American Chemical Society*
2. Schurhammer R, Wipff G. 2018. Formation of Aqueous Biphasic Systems with an Ionic Liquid Induced by Metallic Salts: Nanoscopic Views from MD Simulations. *The journal of physical chemistry. B*
3. Zhao C, Wang X, Zhao B, Jiao F. 2018. Microstructure of High-Performance Aluminum Alloy Surface Processed by the Single-Excitation Same-Frequency Longitudinal(-)Torsional Coupled Ultrasonic Vibration Milling. *Materials* 11
4. Bernard M, Boutry S, Tapie N, Budzinski H, Mazzella N. 2018. Lab-scale investigation of the ability of Polar Organic Chemical Integrative Sampler to catch short pesticide contamination peaks. *Environmental science and pollution research international*
5. He M, Li Y, Guo R, Gallant BM. 2018. Electrochemical Conversion of Nitrogen Trifluoride as a Gas-to-Solid Cathode in Li Batteries. *The journal of physical chemistry letters* 9:4700-6
6. More AA, Pathe GK, Parida KN, Maksymenko S, Lipisa YB, Szpilman AM. 2018. alpha-N-Heteroarylation and alpha-Azidation of Ketones via Enolonium Species. *The Journal of organic chemistry* 83:2442-7
7. Randell NM, Fransishyn KM, Kelly TL. 2017. Lewis Acid-Base Chemistry of 7-Azaaisoindigo-Based Organic Semiconductors. *ACS applied materials & interfaces* 9:24788-96
8. Chen H, Wang Y, Cao P, Liu Y. 2017. Effect of temperature on thermal oxidation of palmitic acid studied by combination of EPR spin trapping technique and SPME-GC-MS/MS. *Food chemistry* 234:439-44
9. Dhanju S, Blazejewski BW, Crich D. 2017. Synthesis of Trialkylhydroxylamines by Stepwise Reduction of O-Acyl N,N-Disubstituted Hydroxylamines: Substituent Effects on the Reduction of O-(1-Acyloxyalkyl)hydroxylamines and on the Conformational Dynamics of N-Alkoxypiperidines. *The Journal of organic chemistry* 82:5345-53
10. Lisovskiy V, Yegorenkov V, Ogloblina P, Booth JP, Martins S, et al. 2014. Electron transport parameters in NF₃. *Journal of Physics D: Applied Physics* 47:115203
11. Braunschweig H, Dewhurst RD, Pentecost L, Radacki K, Vargas A, Ye Q. 2016. Dative Bonding between Group 13 Elements Using a Boron-Centered Lewis Base. *Angewandte Chemie* 55:436-40
12. Feichtner KS, Englert S, Gessner VH. 2016. Preparation and Isolation of a Chiral Methandiide and Its Application as Cooperative Ligand in Bond Activation. *Chemistry* 22:506-10
13. Wells NS, Clough TJ, Johnson-Beebout SE, Elberling B, Baisden WT. 2018. Effects of denitrification and transport on the isotopic composition of nitrate ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$) in freshwater systems. *The Science of the total environment* 651:2228-34
14. Xing S, Zhou B, Zhang L, Mao Y, Wang F, Chen C. 2018. Evaluating the mechanisms of the impacts of key factors on soil soluble organic nitrogen concentrations in subtropical mountain ecosystems. *The Science of the total environment* 651:2187-96
15. Li M, Ren L, Zhang J, Luo L, Qin P, et al. 2018. Population characteristics and influential factors of nitrogen cycling functional genes in heavy metal contaminated soil remediated by biochar and compost. *The Science of the total environment* 651:2166-74
16. Redpath B, Kancharla V, Oakley GP, Jr. 2018. Availability of Corn Masa Flour and Tortillas Fortified With Folic Acid in Atlanta After National Regulations Allowing Voluntary Fortification. *Jama* 320:1600-1

17. Mubaiwa J, Fogliano V, Chidewe C, Linnemann AR. 2018. Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) flour: A functional ingredient to favour the use of an unexploited sustainable protein source. *PloS one* 13:e0205776
18. Murray JC, Kiszonas AM, Morris CF. 2018. Influence of Soft Kernel Texture on Fresh Durum Pasta. *Journal of food science*
19. Chen S, Liu H, Wang S, Li W, Wang X, Zhao L. 2018. Analog/RF Performance of T-Shape Gate Dual-Source Tunnel Field-Effect Transistor. *Nanoscale research letters* 13:321
20. Yan R, Fu Y, Liu D, Jiang S, Ju H, et al. 2018. *Arthrobacter silvisoli* sp. nov., isolated from forest soil. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*
21. Xu X, Huang H, Zhang Y, Xu Z, Cao X. 2018. Biochar as both electron donor and electron shuttle for the reduction transformation of Cr(VI) during its sorption. *Environmental pollution* 244:423-30
22. Zainul R, & Prima, C. B. 2017. Desain Geometri Sel PV. <https://doi.org/10.31227/osf.io/7n8t4>.
23. Morris RH. 2017. A capped trigonal pyramidal molybdenum hydrido complex and an unusually mild sulfur-carbon bond cleavage reaction. *Chemical communications* 53:11032-5
24. Fischbach U, Trincado M, Grutzmacher H. 2017. Oxidative formation of phosphinyl radicals from a trigonal pyramidal terminal phosphide Rh(i) complex, with an unusually long Rh-P bond. *Dalton transactions* 46:3443-8
25. Pinkowicz D, Birk FJ, Magott M, Schulte K, Dunbar KR. 2017. Systematic Study of Open-Shell Trigonal Pyramidal Transition-Metal Complexes with a Rigid-Ligand Scaffold. *Chemistry* 23:3548-52
26. Zhao JW, Li HL, Ma X, Xie Z, Chen LJ, Zhu Y. 2016. Lanthanide-Connecting and Lone-Electron-Pair Active Trigonal-Pyramidal-AsO₃ Inducing Nanosized Poly(polyoxotungstate) Aggregates and Their Anticancer Activities. *Scientific reports* 6:26406
27. Li H, Collins C, Tanha M, Gordon GJ, Yaron DJ. 2018. A Density Functional Tight Binding Layer for Deep Learning of Chemical Hamiltonians. *Journal of chemical theory and computation*
28. LeBlanc LM, Weatherby JA, Otero-de-la-Roza A, Johnson ER. 2018. Non-Covalent Interactions in Molecular Crystals: Exploring the Accuracy of the Exchange-Hole Dipole Moment Model with Local Orbitals. *Journal of chemical theory and computation*
29. Nakamura M, Palazzetti F, Tsai PY, Yang SJ, Lin KC, et al. 2018. Vectorial imaging of the photodissociation of 2-bromobutane oriented via hexapolar state selection. *Physical chemistry chemical physics : PCCP*
30. Fahmy HM, Kandel HM, Al-Shamiri HAS, Negm NA, Elwahy AHM, Abou Kana MTH. 2018. Spectroscopic Study of Solvent Polarity on the Optical and Photo-Physical Properties of Novel 9,10-bis(coumarinyl)anthracene. *Journal of fluorescence*
31. Neville SP, Schuurman MS. 2018. A general approach for the calculation and characterization of x-ray absorption spectra. *The Journal of chemical physics* 149:154111
32. Geng W, Guo X, Zhu Y, Tang Y, Feng Y, et al. 2018. Rhombohedral-Orthorhombic Ferroelectric Morphotropic Phase Boundary Associated with Polar Vortex in BiFeO₃ Films. *ACS nano*
33. He FG, Li ZJ, Yang WW, Gao X. 2018. Synthesis of (MeO)₂Bn₂C₇₀: Regiochemistry of Twofold Additions to C₇₀ with Addends that Are Preferential for Ortho-addition and Capable of Para-addition. *The Journal of organic chemistry*

34. Yoo BI, Kim YJ, You Y, Yang JW, Kim SW. 2018. Birch Reduction of Aromatic Compounds by Inorganic Electride [Ca₂N](⁺)e(⁻) in Alcoholic Solvent; An Analogue of Solvated Electrons. *The Journal of organic chemistry*
35. Mello R, Arango-Daza JC, Varea T, Gonzalez-Nunez ME. 2018. Photoiodocarboxylation of Activated C horizontal lineC Double Bonds with CO₂ and Lithium Iodide. *The Journal of organic chemistry*
36. Febriani SS, Yolanda T, Arianti VA, Zainul R. 2018. A Review Solid Stated: Principles and Methode.
37. Pazhamalai P, Krishnamoorthy K, Mariappan VK, Kim SJ. 2018. Blue TiO₂ nanosheets as a high-performance electrode material for supercapacitors. *Journal of colloid and interface science* 536:62-70
38. Kumar A, Prasad A, Sedlarova M, Pospisil P. 2018. Organic radical imaging in plants: Focus on protein radicals. *Free radical biology & medicine*
39. Antmen B, Karakas Z, Yesilipek MA, Kupesiz OA, Sasmaz I, et al. 2018. Deferasirox in children with transfusion-dependent thalassemia or sickle cell anemia: a large cohort real-life experience from Turkey (REACH-THEM). *European journal of haematology*
40. Baruch G, Rothschild E, Kapusta L, Schwartz LA, Biner S, et al. 2018. Impact of right ventricular dysfunction and end-diastolic pulmonary artery pressure estimated from analysis of tricuspid regurgitant velocity spectrum in patients with preserved ejection fraction. *European heart journal cardiovascular Imaging*
41. Lundgren CAK, Sjostrand D, Biner O, Bennett M, Rudling A, et al. 2018. Scavenging of superoxide by a membrane-bound superoxide oxidase. *Nature chemical biology*
42. Biner O, Schick T, Ganguin AA, von Ballmoos C. 2018. Towards a Synthetic Mitochondrion. *Chimia* 72:291-6
43. Awalliyah A, Ikhwan H, Nugiasari V, Zainul R. 2018. A REVIEW PRINSIP DASAR MILLING DALAM SINTESIS MATERIAL.
44. Wang J, Yan C, Zhu L, Gu D, Zhang D, et al. 2018. Solar binary chemical depolymerization of lignin for efficient production of small molecules and hydrogen. *Bioresource technology* 272:249-58
45. Jain R, Mamun AA, Buchanan RM, Kozlowski PM, Grapperhaus CA. 2018. Ligand-Assisted Metal-Centered Electrocatalytic Hydrogen Evolution upon Reduction of a Bis(thiosemicarbazonato)Ni(II) Complex. *Inorganic chemistry*
46. Breising VM, Gieshoff T, Kehl A, Kilian V, Schollmeyer D, Waldvogel SR. 2018. Electrochemical Formation of 3,5-Diimido-1,2-dithiolanes by Dehydrogenative Coupling. *Organic letters*
47. Yang K, Xu P, Lin Z, Yang Y, Jiang P, et al. 2018. Ultrasmall Ru/Cu-doped RuO₂ Complex Embedded in Amorphous Carbon Skeleton as Highly Active Bifunctional Electrocatalysts for Overall Water Splitting. *Small* 14:e1803009
48. Bastatas L, Echeverria-Mora E, Wagle P, Mainali P, Austin A, McIlroy D. 2018. Emergent Electrical Properties of Ensembles of 1D Nanostructures and its Impact on Room Temperature Electrical Sensing of Ammonium Nitrate Vapor. *ACS sensors*
49. Ular N, Uzer A, Durmazel S, Ercag E, Apak R. 2018. Diaminocyclohexane-Functionalized/Thioglycolic acid-Modified Gold Nanoparticles-based Colorimetric Sensing of TNT and Tetryl. *ACS sensors*
50. Morgan S, Coetzee FF. 2018. Proposing a Patellar Tendinopathy Screening tool following a systematic review. *The South African journal of physiotherapy* 74:454

51. Tillin NA, Pain MTG, Folland JP. 2018. Contraction speed and type influences rapid utilisation of available muscle force: neural and contractile mechanisms. *The Journal of experimental biology*
52. Jiang H, Vogtt K, Thomas JB, Beaucage G, Mulderig A. 2018. Enthalpy and Entropy of Scission in Wormlike Micelles. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*
53. Zhang N, Qi R, Chen Y, Ji X, Han Y, Wang Y. 2018. Partition of Glutamic Acid-based Single-chain and Gemini Amphiphiles into Phospholipid Membrane. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*
54. Grillo I, Morfin I, Prevost SF. 2018. Structural characterization of Pluronic micelles swollen with perfume molecules. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*
55. Kuhn ER, Naik AR, Lewis BE, Kokotovich KM, Li M, et al. 2018. Nanothermometry Reveals Calcium-Induced Remodeling of Myosin. *Nano letters*
56. Sofyanita SaO, Z. . 2018. Fenthion Compound Degradation in the Pesticide Bayleton 500 ec in Sonolysis, Ozonolysis and Sonozolysis with Addition of TiO₂-anatase", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(2), pp. 70-79.
57. A. Y. 2015. Photoelectrosplitting water for hydrogen production using illumination of indoor lights. . *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7:246-56
58. Anhar A SR, Zainul R. 2016. Measurement of Glycemic Index of West Sumatera Local Rice Genotypes for Healthy Food Selection. <https://doi.org/10.31227/osf.io/tgy8h>.
59. R. Z. 2015. Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu₂O-Gel Na₂SO₄. <http://repository.unp.ac.id/id/eprint/610>.
60. Zainul R, Alif, A., Aziz, H., Arief, S., & s. 2015. Photoelectrosplitting Water Mechanism at Carbon Electrode Surface using Indoor lights. <https://doi.org/10.31227/osf.io/vcxq8>.
61. Zainul R, Oktavia, B., Dewata, I., & efendi, j. 2017. Studi Dinamika Molekular dan Kinetika Reaksi pada Pembelahan Molekul Air untuk Produksi Gas Hidrogen. <https://doi.org/10.31227/osf.io/876s3>
62. Zainul R AA, Aziz H, Arief S, Darajat S. 2015. Modifikasi dan Karakteristik IV Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂so₄ Melalui Iluminasi Lampu Neon. EKSAKTA 2:50.
63. Prabowo H. 2018. "PENYELIDIKAN KELAYAKAN KIMIA DAN PENYEBARAN CADANGAN PASIR BESI DAERAH TIKU KABUPATEN AGAM UNTUK BAHAN BAKU SEMEN PADA PT. SEMEN PADANG", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(1), pp. 39-42. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/121>.
64. Dinata MaS, F. . 2018. "Factor Analysis of Physics Chemistry Waters that Affects Damage Safety Cliff on the Outskirts of River Siak", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(2), pp. 46-49. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/143>.
65. Parbuntari H, Prestica, Y., Gunawan, R., Nurman, M. and Adella, F. 2018. "Preliminary Phytochemical Screening (Qualitative Analysis) of Cacao Leaves (Theobroma cacao L.)", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(2), pp. 40-45. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/142>. .
66. Syafei N. 2018. "Riset Material ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 7900 ML AIR LAUT DAN 100 ML AMONIAK PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU RUANG.", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(1), pp. 7-13. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/83>.

67. Hidayani T. 2018. GRAFTING POLIPROPILENA DENGAN MALEAT ANHIDRIDA SEBAGAI PENGIKAT SILANG DENGAN INISIATOR BENZOIL PEROKSIDA", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(1), pp. 56-62. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/127>.
68. 2017. Nitrogen Trifluoride. In *wikipedia*
69. Kim J, Lee SW, Kim MH, Park OO. 2018. Zigzag-Shaped Silver Nanoplates: Synthesis via Ostwald Ripening and Their Application in Highly Sensitive Strain Sensors. *ACS applied materials & interfaces*
70. Helbig KL, Lauerer RJ, Bahr JC, Souza IA, Myers CT, et al. 2018. De Novo Pathogenic Variants in CACNA1E Cause Developmental and Epileptic Encephalopathy with Contractures, Macrocephaly, and Dyskinesias. *American journal of human genetics*
71. Sarode S, Upadhyay P, Khosa MA, Mak T, Shakir A, et al. 2018. Overview of wastewater treatment methods with special focus on biopolymer chitin-chitosan. *International journal of biological macromolecules*
72. Cho J, Waetzig GR, Udayakantha M, Hong CY, Banerjee S. 2018. Incorporation of Hydroxyethylcellulose-Functionalized Halloysite as a Means of Decreasing the Thermal Conductivity of Oilwell Cement. *Scientific reports* 8:16149
73. Kraft MA, Ohno S, Zinkevich T, Koerver R, Culver SP, et al. 2018. Inducing high ionic conductivity in the lithium superionic argyrodites $\text{Li}_6\text{xP}_{1-\text{x}}\text{Ge}_\text{x}\text{S}_{51}$ for all-solid-state batteries. *Journal of the American Chemical Society*
74. Young NL, Reber JE, Simpkins WW. 2018. FrackFinder: A MATLAB Toolbox for Computing 3-D Hydraulic Conductivity Tensors for Fractured Porous Media. *Ground water*
75. Zhan N, Chen B, Li C, Shen PK. 2018. Molecular dynamics simulations of the thermal conductivity of graphene for application in wearable devices. *Nanotechnology* 30:025705
76. Zhu J, Feng T, Mills S, Wang P, Wu X, et al. 2018. Record-Low and Anisotropic Thermal Conductivity of Quasi-1D Bulk ZrTe_5 Single Crystal. *ACS applied materials & interfaces*
77. Zainul R. 2016. Effect of Temperature and Particle Motion against the ability of ZnO Semiconductor Photocatalyst in Humic Acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/wnygb>.
78. Antonia Nunes M, Pawlowski S, Costa ASG, Alves RC, Oliveira M, Velizarov S. 2018. Valorization of olive pomace by a green integrated approach applying sustainable extraction and membrane-assisted concentration. *The Science of the total environment* 652:40-7
79. Valenti S, Romanini M, Franco L, Puiggali J, Tamarit JL, Macovez R. 2018. Tuning the Kinetic Stability of the Amorphous Phase of the Chloramphenicol Antibiotic. *Molecular pharmaceuticals*
80. Hu Y, Liu X, Tian L, Zhao T, Wang H, et al. 2018. Multi-Dimensional Ternary Hybrids with Synergistically Enhanced Electrical Performance for Conductive Nanocomposites and Prosthetic Electronic Skin. *ACS applied materials & interfaces*
81. Ramli R, Jonuarti, R. and Hartono, A. 2017. ANALISIS STRUKTUR NANO DARI LAPISAN TIPIS COBALT FERRITE YANG DIPREPARASI DENGAN METODE SPUTTERING", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(01), pp. 46-53. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/16>.
82. Ruswandi R. 2018. Determination of Fructose Content resulted by Inulin Hydrolysis with DNS as Oxidizer", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(1), pp. 14-23. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/102>.
83. Saiya A. 2017. ANALISIS RESIDU Klorpirifos dalam Sayuran KUBIS DENGAN METODE HPLC DI BEBERAPA PASAR TRADISIONAL DI SULAWESI UTARA", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(02), pp. 77-85. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/57>.

84. Sanjaya H. 2018. DEGRADASI METIL VIOLET MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-TiO₂ SECARA FOTONOLISIS", EKSakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(1), pp. 91-99. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/131>.
85. Syafei N. 2017. ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 250 ML ASAM ASETAT DAN 4750 ML AQUADES PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU RUANG", EKSakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(02), pp. 113-120. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/63>.
86. Tutuarima T. 2017. SIFAT FISIK DAN KIMIA MARMALADE JERUK KALAMANSI (Citrus microcarpa) : KAJIAN KONSENTRASI PEKTIN DAN SUKROSA Physical and Chemical Properties of Marmalade Citrus of Calamondin (Citrus microcarpa) : Study of Pectin and Sucrose Concentrations", EKSakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(02), pp. 164-172. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/73>.
87. chaidir z, Zainul, R., Nurakhbari, D., & Salim, M. 2016. Optimization of Spirulina Platensis Culture for Antioxidant Production. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/FD6E4>.
88. Kurniawati I HS, Chaidir Z, Munaf E. Rahmiana Zein, Hermansyah Aziz, Rahadian Zainul. 2015. Biosorption of Pb (II) from Aqueous Solutions Using Column Method by Lengkeng (Euphoria logan lour) Seed and Shell. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 7:872-7.
89. Ningsih SK. 2017. SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO DOPED Cu²⁺ MELALUI METODA SOL-GEL", EKSakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(02), pp. 39-51. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/51>.
90. Ishiuchi SI, Sasaki Y, Lisy JM, Fujii M. 2018. Ion-peptide interactions between alkali metal ions and a termini-protected dipeptide: modeling a portion of the selectivity filter in K(+) channels. *Physical chemistry chemical physics : PCCP*
91. Gadzuk-Shea MM, Bush MF. 2018. Effects of Charge State on the Structures of Serum Albumin Ions in the Gas Phase: Insights from Cation-to-Anion Proton-Transfer Reactions, Ion Mobility, and Mass Spectrometry. *The journal of physical chemistry. B*
92. Pandey J, Shrivastava V, Nagarajan R. 2018. Metastable Bi₂Zr₂O₇ with Pyrochlore-like Structure: Stabilization, Oxygen Ion Conductivity, and Catalytic Properties. *Inorganic chemistry*
93. Kampf N, Wachtel EJ, Zilman A, Ben-Shalom N, Klein J. 2018. Anomalous viscosity-time behavior of polysaccharide dispersions. *The Journal of chemical physics* 149:163320
94. Gitis M. 2018. On the interpretation of shear viscosity ultrasonic measurements. *Ultrasonics* 93:1-6
95. Leuzinger S, Steingotter A, Nystrom L. 2018. Viscosity of Cereal beta-Glucan in the Gastrointestinal Tract. *Chimia* 72:733-5
96. Kim DS, Lee JK. 2019. Effect of Slurry Viscosity and Dispersant Agent on the Sintering of 3Y-TZP Ceramics Fabricated by Slip Casting. *Journal of nanoscience and nanotechnology* 19:1118-21
97. Simintiras CA, Sanchez JM, McDonald M, Martins T, Binelli M, Lonergan P. 2018. Biochemical characterization of progesterone-induced alterations in bovine uterine fluid amino acid and carbohydrate composition during the conceptus elongation window. *Biology of reproduction*
98. Falkovich G, Vladimirova N. 2018. Turbulence Appearance and Nonappearance in Thin Fluid Layers. *Physical review letters* 121:164501
99. Isaacs D, Britton P. 2018. Neonatal and infant cerebrospinal fluid parameters. *Journal of paediatrics and child health* 54:1277

100. Leng D, Thanki K, Foged C, Yang M. 2018. Formulating Inhalable Dry Powders Using Two-Fluid and Three-Fluid Nozzle Spray Drying. *Pharmaceutical research* 35:247
101. Stark H. 2018. Artificial Chemotaxis of Self-Phoretic Active Colloids: Collective Behavior. *Accounts of chemical research*
102. Kasner EJ, Fenske RA, Hoheisel GA, Galvin K, Blanco MN, et al. 2018. Spray Drift from a Conventional Axial Fan Airblast Sprayer in a Modern Orchard Work Environment. *Annals of work exposures and health*
103. Zhang Z, Zhang Q, Xiao Q, Sun H, Gao H, et al. 2018. Distribution of runs of homozygosity in Chinese and Western pig breeds evaluated by reduced-representation sequencing data. *Animal genetics*
104. Zainul R AA, Aziz H, Arief S. 2015. DISAIN GEOMETRI REAKTOR FOTOSEL CAHAYA RUANG. *Jurnal Riset Kimia* 8:131 <https://doi.org/10.25077/jrk.v8i2.230>.
105. Zainul R AA, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E. 2015. Design of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights. . *RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES* 6:353-61
106. Sampath J, Hall LM. 2018. Impact of ion content and electric field on mechanical properties of coarse-grained ionomers. *The Journal of chemical physics* 149:163313
107. Roman MA, Klokishner SI. 2018. Electric Field Effects on Magnetic and Polarizability Properties of Clusters with Two-Electron Transfer. *The journal of physical chemistry. A*
108. Li W, Wang W, Hou Q, Yan Y, Dai C, Zhang J. 2018. Alternating electric field-induced ion current rectification and electroosmotic pump in ultranarrow charged carbon nanocones. *Physical chemistry chemical physics : PCCP*
109. Sindoro M, Granick S. 2018. Ionic Janus Liquid Droplets Assembled and Propelled by Electric Field. *Angewandte Chemie*
110. Ren J, Tao YC, Li X, Ma T, Liu B, Lu D. 2018. Effect of External Electric Field on the Ordered Structure of Molecular Chains and Hole Mobility in Regioregular Poly(3-hexylthiophene) with Different Molecular Weights. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*
111. Firdaus A, Zainul R. 2018. SESIUM KLORIDA (CsCl): TRANSPORT ION DALAM LARUTAN. *Sumber* 1:5
112. Lojpur V, Mitrić M, Kačarević-Popović Z, Radosavljević A, Rakočević Z, Lj Validžić I. 2017. The role of low light intensity: A cheap, stable, and solidly efficient amorphous Sb₂S₃ powder/hypericin composite/PVA matrix loaded with electrolyte solar cell. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 36:1507-16
113. Candani D, Ulfah M, Noviana W, Zainul R. 2018. A Review Pemanfaatan Teknologi Sonikasi.
114. Dinata AA, Rosyadi, A. M., Hamid, S., & Zainul, R. 2018. A Review CHEMICAL VAPOR DEPOSITION : PROCESS AND APPLICATION. <https://doi.org/10.31227/osf.io/yfeau>.
115. Blackburn DG, Lestz L, Barnes MS, Powers KG, Langkilde T. 2018. Morphological features of the yolk processing pattern in the eastern fence lizard, *Sceloporus undulatus* (Phrynosomatidae). *Journal of morphology*
116. Shklyaeve OE, Shum H, Balazs AC. 2018. Using Chemical Pumps and Motors To Design Flows for Directed Particle Assembly. *Accounts of chemical research*
117. Liang YJ, Yang WX. 2018. Kinesins in MAPK cascade: How kinesin motors are involved in the MAPK pathway? *Gene*

118. Putri DF, Ritonga, H. M., Murdiati, V., & Zainul, R. 2018. A REVIEW WHAT IS HYDROTHERMAL ?. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56c>.
119. Kauppinen J, Horneman VM. 1991. Large aperture cube corner interferometer with a resolution of 0.001 cm⁻¹. *Applied optics* 30:2575-8
120. Song M-Y, Yoon J-S, Cho H, Karwasz GP, Kokoouline V, et al. 2017. Cross Sections for Electron Collisions with NF₃. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 46:043104
121. Lei M, Chuong CM. 2018. Epidermal Darwinism and Competitive Equilibrium within the Epidermis. *Cell stem cell* 23:627-9
122. Brunelli M, Fusco L, Landig R, Wieczorek W, Hoelscher-Obermaier J, et al. 2018. Experimental Determination of Irreversible Entropy Production in out-of-Equilibrium Mesoscopic Quantum Systems. *Physical review letters* 121:160604
123. Seo SE, Girard M, Olvera de la Cruz M, Mirkin CA. 2018. Non-equilibrium anisotropic colloidal single crystal growth with DNA. *Nature communications* 9:4558
124. Wu H, Ting JM, Werba O, Meng S, Tirrell MV. 2018. Non-equilibrium phenomena and kinetic pathways in self-assembled polyelectrolyte complexes. *The Journal of chemical physics* 149:163330
125. M. Y, S. R., & Zainul, R. 2017. Aktivasi Tanah Napa dan Pengaruhnya Terhadap Adsorpsi Ion Timbal (II)/ Pb²⁺. <https://doi.org/10.31227/osf.io/ps523>.
126. H. S, H., & Zainul, R. 2016. Synthesis and Electrical Properties of ZnO-ITO and Al-ITO thin Film by Spin Coating Technique Through Sol Gel Process. <https://doi.org/10.31227/osf.io/unrt4>.
127. del Burgo Fernandez JL, Serrano AL, Moyano IM, de Yarto IC, Garcia SS, et al. 2007. [Prevalence of diabetic polyneuropathy in a rural population. Application of the Toronto Clinical Scoring System (TCSS)]. *Atencion primaria* 39:624-5
128. Hohoff A, Meier N, Stamm T, Ehmer U, Joos U. 2002. Optimizing presurgical orthodontic planning by means of the transverse coordinate simulation system (TCSS). *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 30:75-86
129. Hishiyama N, Hoshino M, Blanco F, Garcia G, Tanaka H. 2017. Absolute cross section measurements for the scattering of low- and intermediate-energy electrons from PF₃. I. Elastic scattering. *The Journal of chemical physics* 147:224308
130. Patil B, Patil NS, Kerudi VV, Chitko SS, Maheshwari AR, et al. 2016. Friction between Archwire of Different Sizes, Cross Section, Alloy and Brackets Ligated with Different Brands of Low Friction Elastic Ligatures- An Invitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR* 10:ZC18-22
131. Tattersall W, Chiari L, Machacek JR, Anderson E, White RD, et al. 2014. Positron interactions with water-total elastic, total inelastic, and elastic differential cross section measurements. *The Journal of chemical physics* 140:044320
132. Maciel A, Presbitero G, Pina C, del Pilar Gutierrez M, Guzman J, Munguia N. 2015. Pore cross-section area on predicting elastic properties of trabecular bovine bone for human implants. *Bio-medical materials and engineering* 25:9-23
133. Jacobs MI, Davis RD, Rapf RJ, Wilson KR. 2018. Studying Chemistry in Micro-compartments by Separating Droplet Generation from Ionization. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*
134. Tonon KM, Miranda A, Abrao A, de Moraes MB, Moraes TB. 2019. Validation and application of a method for the simultaneous absolute quantification of 16 neutral and acidic human milk

- oligosaccharides by graphitized carbon liquid chromatography - electrospray ionization - mass spectrometry. *Food chemistry* 274:691-7
135. Yoshinaga K, Obi J, Tago A, Kato Y, Nagai T, et al. 2019. Analysis of hydroxy triacylglycerol as a lactone precursor in milk fat using liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Food chemistry* 274:298-304
136. Wang S, Han K. 2018. Stochastic response analysis for nonlinear vibration systems with adjustable stiffness property under random excitation. *PloS one* 13:e0200922
137. Marchetto C, Maxit L, Robin O, Berry A. 2018. Experimental prediction of the vibration response of panels under a turbulent boundary layer excitation from sensitivity functions. *The Journal of the Acoustical Society of America* 143:2954
138. Thomas BP, Annamala Pillai S, Narayanamurthy CS. 2017. Investigation on vibration excitation of debonded sandwich structures using time-average digital holography. *Applied optics* 56:F7-F13
139. Troncossi M, Di Sante R, Rivola A. 2016. Response measurement by laser Doppler vibrometry in vibration qualification tests with non-Gaussian random excitation. *The Review of scientific instruments* 87:102502
140. Alherbish A, Becher H, Alemayehu W, Paterson DI, Butler CR, et al. 2018. Impact of contrast echocardiography on accurate discrimination of specific degree of left ventricular systolic dysfunction and comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *Echocardiography*
141. Sigakis CJG, Browne LP, Bang T, Khanna A, Pruenete R, Vargas D. 2018. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging of Cardiovascular Anomalies Associated With Turner Syndrome. *Journal of thoracic imaging*
142. Rajput J, Safvan CP. 2011. Communication: atomic and molecular Rydbergs from water. *The Journal of chemical physics* 134:201101
143. van Rees WM, Matsumoto EA, Gladman AS, Lewis JA, Mahadevan L. 2018. Mechanics of biomimetic 4D printed structures. *Soft matter*
144. Coppola B, Cappetti N, Di Maio L, Scarfato P, Incarnato L. 2018. 3D Printing of PLA/clay Nanocomposites: Influence of Printing Temperature on Printed Samples Properties. *Materials* 11
145. Topfer M, Salomon T, Kohguchi H, Dopfer O, Yamada KMT, et al. 2018. Double Resonance Rotational Spectroscopy of Weakly Bound Ionic Complexes: The Case of Floppy CH₃⁺-He. *Physical review letters* 121:143001
146. Kumar G, Roy A, McMullen RS, Kutagulla S, Bradforth SE. 2018. The influence of aqueous solvent on the electronic structure and non-adiabatic dynamics of indole explored by liquid-jet photoelectron spectroscopy. *Faraday discussions*
147. Hartl F, Bakker MJ, Santos VF, Costa PJ, Calhorda MJ. 2018. Accurate Description of Low-Lying Excited States in a Series of Photoreactive Clusters [Os₃(CO)₁₀(α-diimine)] by DFT Calculations. *Inorganic chemistry* 57:11704-16
148. Foti MC, Amorati R, Baschieri A, Rocco C. 2018. Singlet oxygen quenching- and chain-breaking antioxidant-properties of a quercetin dimer able to prevent age-related macular degeneration. *Biophysical chemistry* 243:17-23
149. Aguilo E, Moro AJ, Outis M, Pina J, Sarmiento D, et al. 2018. Deactivation Routes in Gold(I) Polypyridyl Complexes: Internal Conversion Vs Fast Intersystem Crossing. *Inorganic chemistry*
150. Wu F, Yang M, Zhang J, Zhu S, Shi M, Wang K. 2018. Metalloporphyrin-indomethacin conjugates as new photosensitizers for photodynamic therapy. *Journal of biological inorganic chemistry : JBIC : a publication of the Society of Biological Inorganic Chemistry*

151. Dahy AA, Koga N. 2018. Imine hydrosilylation using an iron complex catalyst: A computational study. *Journal of computational chemistry*
152. Khatun E, Ghosh A, Chakraborty P, Singh P, Bodiuzzaman M, et al. 2018. A thirty-fold photoluminescence enhancement induced by secondary ligands in monolayer protected silver clusters. *Nanoscale*
153. M. S, H., & Zainul, R. 2015. Characterization of napa soil and adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using on column method. .
154. chaidir z, Fadjria, N., A., & Zainul, R. 2016. ISOLATION AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF FRESHWATER MICROALGAE IN MANINJAU LAKE WEST SUMATERA. <https://doi.org/10.31227/osf.io/nbcuf>.
155. Balbi V, Shearer T, Parnell WJ. 2018. A modified formulation of quasi-linear viscoelasticity for transversely isotropic materials under finite deformation. *Proceedings. Mathematical, physical, and engineering sciences* 474:20180231
156. Glushkov EV, Glushkova NV, Miakisheva OA. 2018. Backward waves and energy fluxes excited in acoustic medium with an immersed plate. *Ultrasonics*
157. Zawadzki M, Khakoo MA. 2018. Low energy differential elastic electron scattering from acetonitrile (CH₃CN). *The Journal of chemical physics* 149:124304
158. Chai M, Young MN, Liu FC, Bleiholder C. 2018. A Transferable, Sample-Independent Calibration Procedure for Trapped Ion Mobility Spectrometry (TIMS). *Analytical chemistry* 90:9040-7
159. Green DG, Swann AR, Gribakin GF. 2018. Many-Body Theory for Positronium-Atom Interactions. *Physical review letters* 120:183402
160. Tang Y, Chen J, Wang J, Zheng K, Liao D, et al. 2015. Fixed nuclei as alternative template of BIOMED-2 multiplex polymerase chain reaction for immunoglobulin gene clonality testing in B-cell malignancies. *American journal of blood research* 5:62-78
161. Marion-Poll L, Montalban E, Munier A, Herve D, Girault JA. 2014. Fluorescence-activated sorting of fixed nuclei: a general method for studying nuclei from specific cell populations that preserves post-translational modifications. *The European journal of neuroscience* 39:1234-44
162. Ulusoy IS, Nest M. 2012. Remarks on the validity of the fixed nuclei approximation in quantum electron dynamics. *The journal of physical chemistry. A* 116:11107-10
163. Nesbet RK, Noble CJ, Morgan LA. 1986. Calculations of elastic electron scattering by H₂ for fixed nuclei. *Physical review. A, General physics* 34:2798-808
164. Suchankova A, Hirsch I, Vonka V. 1980. Binding of SV40 tumour antigen and Epstein-Barr-virus nuclear antigen to isolated acid-fixed nuclei. *Acta virologica* 24:114-8
165. Brandle E, Zetsche K. 1977. RNA synthesis in isolated living and fixed nuclei of *Acetabularia*. *Protoplasma* 93:45-53
166. Burbick CR, Nydam SD, Hendrix GK, Besser TE, Diaz D, Snekvik K. 2018. Use of Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry for the Identification of Pathogenic *Vibrio* in Fish. *Journal of aquatic animal health*
167. Reinehr T, Sanchez-Guijo A, Lass N, Wudy SA. 2018. Higher steroid sulfation is linked to successful weight loss in obese children. *Endocrine connections* 7:1020-30
168. Abdou M, Schafer J, Hu R, Gil-Diaz T, Garnier C, et al. 2018. Platinum in sediments and mussels from the northwestern Mediterranean coast: Temporal and spatial aspects. *Chemosphere* 215:783-92

169. Schaefer R, Schmidtke G, Brunner R. 2018. Experiences with a three-current ionization chamber as primary detector standard for absolute calibration in space. *Applied optics* 57:6851-9
170. Stevenson AW, Di Lillo F. 2017. Estimating the absolute flux distribution for a synchrotron X-ray beam using ionization-chamber measurements with various filters. *Journal of synchrotron radiation* 24:939-53
171. Lye JE, Harty PD, Butler DJ, Crosbie JC, Livingstone J, et al. 2016. Absolute dosimetry on a dynamically scanned sample for synchrotron radiotherapy using graphite calorimetry and ionization chambers. *Physics in medicine and biology* 61:4201-22
172. Capogni M, Carconi P, De Felice P, Fazio A. 2016. (18)F primary standard at ENEA-INMRI by three absolute techniques and calibration of a well-type IG11 ionization chamber. *Applied radiation and isotopes : including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine* 109:410-3
173. Wu C, Liu W, Jiang J, Wang Y, Hou K, Li H. 2019. An in-source helical membrane inlet single photon ionization time-of-flight mass spectrometer for automatic monitoring of trace VOCs in water. *Talanta* 192:46-51
174. Wu WY, He F. 2018. Angle-dependent electron-electron correlation in the single ionization of H2 in strong laser fields. *Scientific reports* 8:14933
175. Bain M, Hansen CS, Ashfold MNR. 2018. Communication: Multi-mass velocity map imaging study of the ultraviolet photodissociation of dimethyl sulfide using single photon ionization and a PlmMS2 sensor. *The Journal of chemical physics* 149:081103
176. Efimova A, Varga J, Matuschek G, Saraji-Bozorgzad MR, Denner T, et al. 2018. Thermal Resilience of Imidazolium-Based Ionic Liquids-Studies on Short- and Long-Term Thermal Stability and Decomposition Mechanism of 1-Alkyl-3-methylimidazolium Halides by Thermal Analysis and Single-Photon Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry. *The journal of physical chemistry. B* 122:8738-49
177. Luckner M, Wanner G. 2018. From Light Microscopy to Analytical Scanning Electron Microscopy (SEM) and Focused Ion Beam (FIB)/SEM in Biology: Fixed Coordinates, Flat Embedding, Absolute References. *Microscopy and microanalysis : the official journal of Microscopy Society of America, Microbeam Analysis Society, Microscopical Society of Canada* 24:526-44
178. Winkler F, Barthel J, Tavabi AH, Borghardt S, Kardynal BE, Dunin-Borkowski RE. 2018. Absolute Scale Quantitative Off-Axis Electron Holography at Atomic Resolution. *Physical review letters* 120:156101
179. Nikolova D, Heilmann C, Hawat S, Gabelein P, Hippler M. 2018. Absolute quantification of selected photosynthetic electron transfer proteins in *Chlamydomonas reinhardtii* in the presence and absence of oxygen. *Photosynthesis research* 137:281-93
180. Chakraborty D, Nag P, Nandi D. 2018. A new time of flight mass spectrometer for absolute dissociative electron attachment cross-section measurements in gas phase. *The Review of scientific instruments* 89:025115
181. Lemelin V, Bass AD, Wagner JR, Sanche L. 2017. Absolute vibrational excitation cross sections for 1-18 eV electron scattering from condensed dimethyl phosphate (DMP). *The Journal of chemical physics* 147:234305
182. Meier F, Brunner AD, Koch S, Koch H, Lubeck M, et al. 2018. Online parallel accumulation - serial fragmentation (PASEF) with a novel trapped ion mobility mass spectrometer. *Molecular & cellular proteomics : MCP*

183. Vincent D, Mertens D, Rochfort S. 2018. Optimisation of Milk Protein Top-Down Sequencing Using In-Source Collision-Induced Dissociation in the Maxis Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometer. *Molecules* 23
184. Zhong J, Schilling M, Ludwig F. 2018. Spatial and Temperature Resolutions of Magnetic Nanoparticle Temperature Imaging with a Scanning Magnetic Particle Spectrometer. *Nanomaterials* 8
185. Hayward DG, Archer JC, Andrews S, Fairchild RD, Gentry J, et al. 2018. Application of a High-Resolution Quadrupole/Orbital Trapping Mass Spectrometer Coupled to a Gas Chromatograph for the Determination of Persistent Organic Pollutants in Cow's and Human Milk. *Journal of agricultural and food chemistry*
186. Zawadzki M, Cizek M, Houfek K, Curik R, Ferus M, et al. 2018. Resonances and Dissociative Electron Attachment in HNCO. *Physical review letters* 121:143402
187. Holzmeier F, Bello RY, Herve M, Achner A, Baumann TM, et al. 2018. Control of H₂ Dissociative Ionization in the Nonlinear Regime Using Vacuum Ultraviolet Free-Electron Laser Pulses. *Physical review letters* 121:103002
188. Buathong S, Dunning FB. 2018. Dissociative electron attachment studies with hyperthermal Rydberg atoms. *The Journal of chemical physics* 149:104303
189. Czapla M, Simons J, Skurski P. 2018. Dissociative electron attachment to HGaF₄ Lewis-Bronsted superacid. *Physical chemistry chemical physics : PCCP* 20:21739-45
190. Li Z, Carmichael I, Ptasinska S. 2018. Dissociative electron attachment induced ring opening in five-membered heterocyclic compounds. *Physical chemistry chemical physics : PCCP* 20:18271-8
191. Miller TM, Viggiano AA, Shuman NS. 2018. Contrast between the mechanisms for dissociative electron attachment to CH₃SCN and CH₃NCS. *The Journal of chemical physics* 148:184303
192. Allan M, Lacko M, Papp P, Matejcik S, Zlatar M, et al. 2018. Dissociative electron attachment and electronic excitation in Fe(CO)₅. *Physical chemistry chemical physics : PCCP* 20:11692-701
193. Ray AW, Ma J, Otto R, Li J, Guo H, Continetti RE. 2017. Effects of vibrational excitation on the F + H₂O --> HF + OH reaction: dissociative photodetachment of overtone-excited [F-H-OH](). *Chemical science* 8:7821-33
194. Curik R, Greene CH. 2017. Inelastic low-energy collisions of electrons with HeH(+): Rovibrational excitation and dissociative recombination. *The Journal of chemical physics* 147:054307
195. Adamovich IV, Li T, Lempert WR. 2015. Kinetic mechanism of molecular energy transfer and chemical reactions in low-temperature air-fuel plasmas. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* 373
196. Iashina EG, Velichko EV, Filatov MV, Bouwman WG, Duif CP, et al. 2017. Additive scaling law for structural organization of chromatin in chicken erythrocyte nuclei. *Physical review. E* 96:012411
197. Oyama S, Myers JB. 2018. The Relationship Between the Push Off Ground Reaction Force and Ball Speed in High School Baseball Pitchers. *Journal of strength and conditioning research* 32:1324-8
198. Behera SK, Deb P. 2018. PAW-mediated ab initio simulations on linear response phonon dynamics of anisotropic black phosphorous monolayer for thermoelectric applications. *Physical chemistry chemical physics : PCCP*
199. Khelashvili G. 2019. Mesoscale Computational Modeling of Protein-Membrane Interactions Based on Continuum Mean-Field Theory. *Methods in molecular biology* 1860:15-31

200. Harahap FaL. 2018. Analysis of Heavy Metals Distribution in the River Town of Hamasaki's Rod Padangsidempuan", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(2), pp. 50-56. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/149>.
201. Mochizuki S, Mattei S, Nishida K, Hatayama A, Lettry J. 2016. Analysis of electron energy distribution function in the Linac4 H(-) source. *The Review of scientific instruments* 87:02B108
202. Shibata T, Koga S, Terasaki R, Inoue T, Dairaku M, et al. 2012. Effect of non-uniform electron energy distribution function on plasma production in large arc driven negative ion source. *The Review of scientific instruments* 83:02A719
203. Zainul R, Oktavia B, Dewata I. 2017. Studi Dinamika Molekular dan Kinetika Reaksi pada Pembelahan Molekul Air untuk Produksi Gas Hidrogen.
204. Yasthopi A. 2015. Photoelectrospitting water for hydrogen production using illumination of indoor lights. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7:246-56
205. Syafei N, Hidayat, D., Emilliano, E. and Men, L. 2018. Analysis Cracking Corrosion on Carbon Steel Pipes API 5L-X65 In Solution 7700 ml Aquades, 250 ml Acetic Acid and 50 ml Ammonia with Gas CO₂ and H₂S in Saturation Condition", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 19(2), pp. 21-31. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/138>.
206. Raha S, Kim SM, Lee HJ, Lee SJ, Heo JD, et al. 2018. Essential oil from Korean Chamaecyparis obtusa leaf ameliorates respiratory activity in SpragueDawley rats and exhibits protection from NF-kappaB-induced inflammation in WI38 fibroblast cells. *International journal of molecular medicine*
207. Zhang ZB, Luo DD, Xie JH, Xian YF, Lai ZQ, et al. 2018. Curcumin's Metabolites, Tetrahydrocurcumin and Octahydrocurcumin, Possess Superior Anti-inflammatory Effects in vivo Through Suppression of TAK1-NF-kappaB Pathway. *Frontiers in pharmacology* 9:1181
208. Deng Y, Lu J, Li W, Wu A, Zhang X, et al. 2018. Reciprocal inhibition of YAP/TAZ and NF-kappaB regulates osteoarthritic cartilage degradation. *Nature communications* 9:4564
209. Kannan S, Jaiswal AK. 2018. Retraction: Low and High Dose UVB Regulation of Transcription Factor NF-E2-Related Factor 2. *Cancer research* 78:6346
210. Jiang Y, Zhou J, Luo P, Gao H, Ma Y, et al. 2018. Prosaposin promotes the proliferation and tumorigenesis of glioma through toll-like receptor 4 (TLR4)-mediated NF-kappaB signaling pathway. *EBioMedicine*
211. Alahdal M, Liangliang J, Shiping L, Yun X, Gao H, et al. 2018. New DiaP277 analogue shifts DCs to tolerogenic, and modulates NF-Kbeta1 to suppress autoreactive T lymphocytes in the type 1 diabetic mice. *Autoimmunity*:1-11
212. Rivera-Reyes A, Ye S, G EM, Egolf S, G EC, et al. 2018. YAP1 enhances NF-kappaB-dependent and independent effects on clock-mediated unfolded protein responses and autophagy in sarcoma. *Cell death & disease* 9:1108
213. Zainul R AA, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E. 2015. Design of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights. *RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES*
214. Smith MJA, Chen PY. 2018. Violating the Energy-Momentum Proportionality of Photonic Crystals in the Low-Frequency Limit. *Physical review letters* 121:103902
215. Craig BM, Rand K, Bailey H, Stalmeier PFM. 2018. Quality-Adjusted Life-Years without Constant Proportionality. *Value in health : the journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research* 21:1124-31

216. Baek IH. 2018. Dose proportionality and pharmacokinetics of dronedarone following intravenous and oral administration to rat. *Xenobiotica; the fate of foreign compounds in biological systems*:1-6
217. Martos R, Valsecchi A, Ibanez O, Aleman I. 2018. Estimation of 2D to 3D dimensions and proportionality indices for facial examination. *Forensic science international* 287:142-52
218. Rashid M, Singh SK, Malik MY, Jahan S, Chaturvedi S, et al. 2018. Development and validation of UPLC-MS/MS assay for quantification of cladrin: Absolute bioavailability and dose proportionality study in rats. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* 152:289-97
219. Akabane R, Sato T, Sakatani A, Miyagawa Y, Tazaki H, Takemura N. 2018. Pharmacokinetics of single-dose sildenafil administered orally in clinically healthy dogs: Effect of feeding and dose proportionality. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics* 41:457-62
220. Desy Kurniawati I HS, Chaidir Z, Munaf E. Rahmiana Zein, Hermansyah Aziz, Rahadian Zainul. 2015. Biosorption of Pb (II) from Aqueous Solutions Using Column Method by Lengken (Euphoria logan lour) Seed and Shell. *journal of Chemical and Pharmaceutical Research*
221. Gunson KE, Mountrakis G, Quackenbush LJ. 2011. Spatial wildlife-vehicle collision models: a review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of environmental management* 92:1074-82
222. Wretstrand A, Petzall J, Bylund PO, Falkmer T. 2010. Reducing non-collision injuries in special transportation services by enhanced safety culture. *Medical engineering & physics* 32:254-62
223. Laskowski W, Gorska-Warsewicz H, Kulykovets O. 2018. Meat, Meat Products and Seafood as Sources of Energy and Nutrients in the Average Polish Diet. *Nutrients* 10
224. Tomlinson DJ, Erskine RM, Morse CI, Onambele GL. 2018. Impact of Above-Average Proanabolic Nutrients Is Overridden by High Protein and Energy Intake in the Muscle-Tendon Unit Characteristics of Middle- to Older-Aged Adults. *The Journal of nutrition* 148:1776-85
225. Novikov SV. 2018. Diffusion of a particle in the Gaussian random-energy landscape: Einstein relation and analytical properties of average velocity and diffusivity as functions of driving force. *Physical review. E* 98:012128
226. Boge R, Horacek J, Mazurek P, Naylor JA, Green JT, et al. 2018. Robust method for long-term energy and pointing stabilization of high energy, high average power solid state lasers. *The Review of scientific instruments* 89:023113
227. Chakravorty A, Jia Z, Li L, Zhao S, Alexov E. 2018. Reproducing the Ensemble Average Polar Solvation Energy of a Protein from a Single Structure: Gaussian-Based Smooth Dielectric Function for Macromolecular Modeling. *Journal of chemical theory and computation* 14:1020-32
228. Orozco-Gonzalez Y, Manathunga M, Marin MDC, Agathangelou D, Jung KH, et al. 2017. An Average Solvent Electrostatic Configuration Protocol for QM/MM Free Energy Optimization: Implementation and Application to Rhodopsin Systems. *Journal of chemical theory and computation* 13:6391-404
229. Weitenberg J, Vernaleken A, Schulte J, Ozawa A, Sartorius T, et al. 2017. Multi-pass-cell-based nonlinear pulse compression to 115 fs at 7.5 microJ pulse energy and 300 W average power. *Optics express* 25:20502-10
230. Janošević V, Mitrić M, Bundaleski N, Rakočević Z, Validžić IL. 2016. High-efficiency Sb₂S₃-based hybrid solar cell at low light intensity: cell made of synthesized Cu and Se-doped Sb₂S₃. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 24:704-15

231. Wu X, Wang Y, Zhang Q, Zhao H, Yang Y, et al. 2018. Seasonal variation, air-water exchange, and multivariate source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the coastal area of Dalian, China. *Environmental pollution* 244:405-13
232. Giganti F, Allen C, Piper JW, Mirando D, Stabile A, et al. 2018. Sequential prostate MRI reporting in men on active surveillance: initial experience of a dedicated PRECISE software program. *Magnetic resonance imaging*
233. Tan KT, Chung TH, Wu YP, Chew CY, Lam CH. 2018. Imaging and Quantification of Secreted Peroxynitrite at the Cell Surface by Streptavidin-Biotin Controlled Binding Probe. *Chembiochem : a European journal of chemical biology*
234. Sanjaya H. 2017. DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-PEG DENGAN METODE FOTOSONOLISIS", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(02), pp. 21-29. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/45>.