

8.

UM

Sekembali ke Malaysia setelah PhD, saya mula berkhidmat di Jabatan Fizik, Fakulti Sains, Universiti Malaya. Tahun 1985 menyempatkan saya bekerja di bawah Naib Canselor ikonon dan bersejarah Profesor DIRaja Ungku Azizi.



Pokok sukun ikonon dan bersejarah di hadapan Jabatan Fizik. Ia berbentuk ' ψ ' yang biasa digunakan untuk menyimbolkan fungsi gelombang mekanik kuantum dalam persamaan Schrödinger.

Dalam suasana pembiayaan penyelidikan di Malaysia pada waktu itu, saya tidak yakin bahawa kajian eksperimen fizik zarah dapat diteruskan di Malaysia. (Geran penyelidikan pertama yang saya berjaya perolehi, berjumlah RM450.00.)

<u>No. Akuan</u>	<u>Nama Penyelidikan</u>	<u>Tajuk Penyelidikan</u>	<u>Spes. Perbelanjaan</u>	<u>Jumlah Yang Dikeluarkan</u>
F 185/87	Dr. Wan Ahmad Tajuddin Wan Abdullah	1. Fizik Zarah Asas 4 2. Keperluan Binaan	Bekalan Pita Komputer Cakera Komputer	\$200.00 \$195.00
			Lain-lain perbelanjaan	
			Fotokopi Alatulis	\$100.00 \$50.00
				<u>\$450.00</u>

Geran RM450.00 untuk 3 tahun.

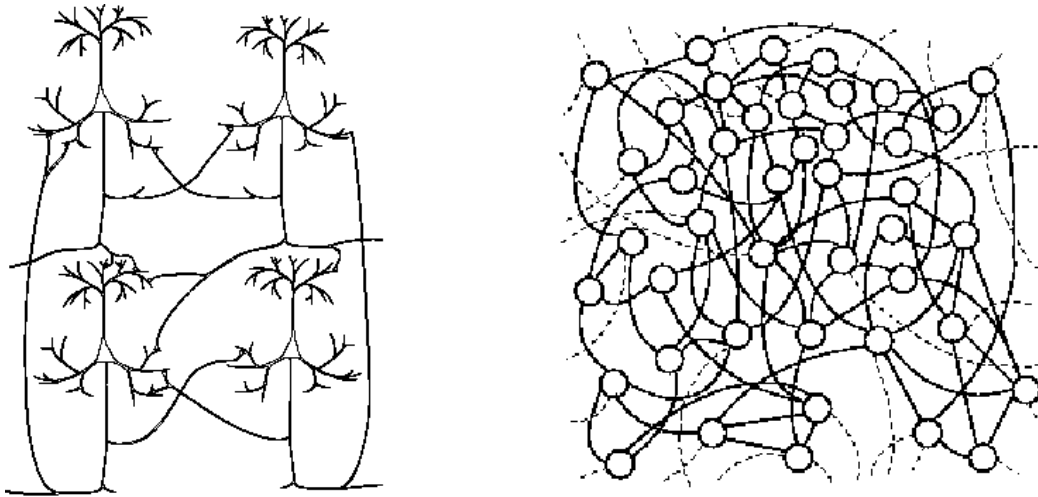
Walaupun dana besar untuk fizik zarah bereksperimen tidak tersedia, minat pada fizik zarah dan asas pembinaan alam semesta tetap ada. Awal 1985, Abdus Salam, yang telah memenangi Hadiah Nobel ketika itu, dan Muslim yang pertama memenanginya dalam bidang sains, telah melawat UM (Saya masa itu masih di London). Aktiviti di UM yang paling berkait dengan fizik zarah ialah penyelidikan fizik plasmanya, dan Salam telah menyarankan fizikus di UM mengkaji cara untuk memecut zarah bercas menggunakan medan plasma. Ini seperti seorang peluncur yang memperolehi kelajuan dari ombak di laut.



Abdus Salam melawat Makmal Plasma, Jabatan Fizik, Universiti Malaya, 1985.

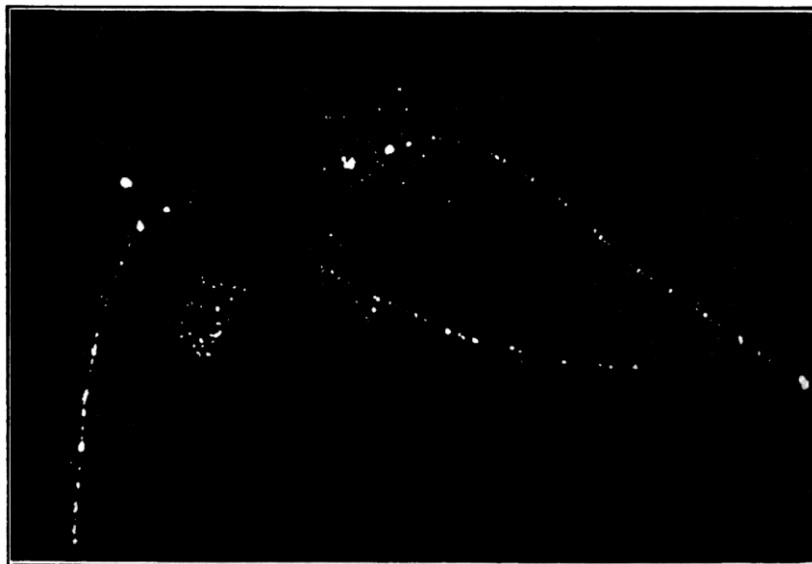
Profesor Diraja Ungku Aziz, Naib Canselor UM waktu itu, yang berlatarkan ekonomi, dikatakan amat senang membincangkan fizik kuantum dengan Salam. Ini mencerminkan Ungku Aziz sebagai intelek awam, yang mengenali isu-isu umum di perbatasan ilmu. Secara retrospektif, ide-ide Ungku Aziz dalam koperasi dan tabungan, dan perancangan tanah, sangat mengagumkan, yang saya rasa setaraf ide Profesor Muhammad Yunus dari Bangladesh, yang memenangi Hadiah Nobel (Keamanan) dalam mencipta Bank Gramin.

Beberapa tahun hingga awal 1990an, saya menyelidiki rangkaian neuron. Ini merupakan model otak yang terdiri daripada sel-sel neuron yang bekerjasama menghasilkan pemprosesan maklumat. Kaitan dengan fizik ialah ia boleh dilihat sebagai sistem fizik statistik, dengan itu membolehkan pengimportan kaedah-kaedah berguna.



Skema sel-sel neuron dalam otak (kiri) dan model mudah bagi rangkaian neuron (kanan).

Kaitan dengan matematik/pengkomputeran ialah ia boleh dijadikan cara untuk menangani pengoptimuman kombinatorik. Banyak masalah analisis data, termasuk dalam eksperimen fizik zarah keunsuran, membabitkan pengoptimuman kombinatorik. Secara ringkas, masalah pengoptimuman kombinatorik ialah masalah membuat sesuatu pilihan yang akan memberikan keadaan yang optimum. Keoptimuman ini boleh diperihalkan oleh parameter tertentu seperti fungsi kos, ganjaran, ukuran kecocokan, dan sebagainya. Misalnya, membina jejak-jejak zarah bercas daripada titik-titik kedudukan hentaman dawai penerima merupakan suatu masalah pengoptimuman kombinatorik. Pilihan set-set hentaman yang mengoptimumkan lintasan jejak-jejak dicari.



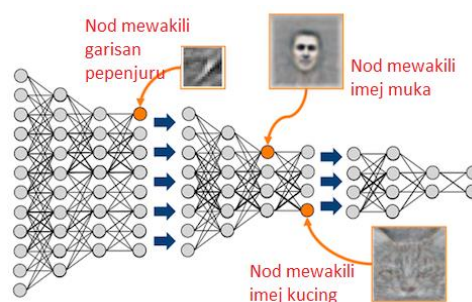
Cari jejak daripadaompok-tompok pengionan dalam bahantara fotograf.

Jadi walaupun tiada capaian kepada perkakasan fizik zarah bereksperimen secara terus, kajian penggunaan rangkaian neuron kepada analisis datanya dapat dijalankan. Kaedah rangkaian neuron ini membuat analisis sejagat, berbanding dengan kaedah lama yang

biasanya tempatan, yang boleh mengalami fenomena 'ekor mengunjing anjing'. Kerana ralat kecil setempat, pembinaan pola sejagat terherot banyak.

Saya dan beberapa orang di Amerika seperti Bruce Denby menerajui penggunaan rangkaian neuron dalam fizik zarah bereksperimen, pada akhir 1980an. Denby berijazah fizik dari Caltech, kemudian ke Rutgers dan Santa Barbara. Beliau pernah berkhidmat di Fermilab dan terbabit dengan penemuan kuark atas di sana. Beliau kini telah memasuki bidang pemprosesan isyarat yang lebih perdana. Saya bertemunya di beberapa persidangan antarabangsa. Namun nama-nama kami tenggelam kerana impak awal yang lemah, dan tsunami penyelidikan kemudiannya yang dijalankan oleh ramai orang dari 2000an. Masyarakat fizik zarah tak begitu sukakan penggunaan rangkaian neuron sebagai penganalisis data kerana sifat 'kotak hitam'nya. Rangkaian neuron boleh belajar pemetaan masuk-keluar yang agak betul, memberikan keluaran sepatutnya untuk sesuatu masukan, walaupun ia tidak pernah bertemunya sebelum itu. Namun, ia melakukannya tanpa perlu diberitahu secara tersurat, apakah kaedah analisis yang patut dibuat; ia mempelajarinya secara tersirat, dan ini merisaukan warga fizik zarah kerana apa yang dibuatnya tidak tersurat untuk penelitian. Di antara kajian rangkaian neuron saya waktu itu ialah mencari jalan untuk menyahkodkan pengetahuan yang tersirat di dalam rangkaian neuron ini, supaya ia tidak lagi jadi 'kotak hitam'. Saya juga mencari kaedah membina jejak zarah dalam pegasan menggunakan rangkaian neuron pengoptimuman.

Setelah sekian lama, penggunaan rangkaian neuron dalam analisis data fizik zarah telah menjadi arus perdana, dan fizikus tidak lagi risau tentang sifat 'kotak hitam'nya. Kini ada gelombang baharu pula dengan rangkaian neuron dalam. Pada awalnya, dirasakan rangkaian neuron dengan tiga lapisan sudah cukup untuk mempelajari apa-apa pemetaan. Sekarang, rangkaian neuron dalam menggunakan puluhan malah ratusan lapisan, dan didapati sangat berkesan dalam pemprosesan imej dan teks. Cuma pembelajaran dalam sistem besar seperti ini memerlukan perkakasan komputeran yang berprestasi tinggi.



Suatu senibina rangkaian neuron dalam untuk pemprosesan imej.

Menjalankan penyelidikan menggunakan komputer pun bukan sesuatu yang tanpa cabarannya di UM. Pada tahun 1980an, UM mempunyai beberapa komputer kerangka utama yang ditempatkan di Pusat Komputernya. Pusat Komputer dan komputernya dibuka waktu bekerja dan kemudian sehingga jam 10.00 malam. Malam ditutup. Di lain tempat di dunia, biasanya komputer utama dipasang 24 jam sehari, 7 hari seminggu. Apabila membentangkan kertas penyelidikan saya tentang penjejakan menggunakan rangkaian

neuron di Jepun pada tahun 1990an, khalayak tersenyum apabila saya memberitahu kekangan ini dalam usaha-usaha penyelidikan saya.

Senibina komputer kerangka utama UM waktu itu juga agak pelik. Sistem komputer biasanya menyimpan data menggunakan kumpulan-kumpulan 4 bit maklumat (yang disebut 1 bait). Banyak komputer kerangka utama waktu itu menggunakan perkataan 32 bit atau 8 bait, namun komputer di UM itu kerana sebab tertentu menggunakan perkataan 34 bit atau $8\frac{1}{2}$ bait! Ini merumitkan misalnya penanganan integer pendek, yang menggunakan separuh daripada storan untuk integer, biasanya 4 bait berbanding 8 bait. Akhirnya saya tidak meneruskan cita-cita mengimport aturcara-aturacara dari perpustakaan perisian CERNLIB yang saya bawa pulang supaya dapat meneruskan kerja-kerja analisis fizik zarah di UM. Sayugia diingat pada waktu itu perisian sebegini dibawa di atas pita, dan bukan atas pemacu pena seperti hari ini.



Pita digunakan mengangkut perpustakaan perisian dan data komputer.

Semasa PhD di Imperial dan menjalankan penyelidikan di Hamburg, saya dan rakan-rakan ahli fizik zarah bereksperimen, telah biasa dengan penggunaan rangkaian komputer. Namun pada akhir 1980an di UM masih tiada rangkaian komputer maupun kehendak untuknya. Setelah iklim pembiayaan pendidikan semakin baik bermula 1990an, saya telah perolehi geran penyelidikan untuk simulasi rangkaian neuron yang membolehkan saya membeli suatu setesen kerja (komputer meja yang agak berkuasa) berjenama SUN yang mempunyai system operasian ala Unix, yang membolehkan sambungan terus ke rangkaian komputer. Saya sendirilah yang menyambung wayar rangkaian ini di koridor bawah di Blok Anjung Jabatan Fizik, dan boleh saya menikmati e-mel selepas itu. Mereka di Jabatan tidak begitu faham keertian internet, tetapi ini diubah setelah mereka ditunjukkan beberapa laman web yang 'menarik'! Kami juga pernah membeli kamera untuk komputer (ya, ketika itu komputer tiada kamera secara lalai, dan kamera yang ditambah itu agak lumayan harganya) konon-kononnya supaya dapat dibuat perbincangan video. Rupa-rupanya waktu awal-awal itu pun hantu pornografi telah merasuk masuk di internet.

Bagi fizik zarah, UM sebenarnya sudah ada kaitan semenjak awalnya lagi. Tak berapa lama setelah penubuhan UM di Kuala Lumpur, seorang yang bernama Tony Hilton Royle Skyrme menyertai barisan pensyarah Jabatan Matematiknya, sementara isterinya Dorothy di Jabatan Fizik. Beliau ini terkenal sekarang dengan teori zarahnya yang dirujuk Model Skyrme, tetapi waktu itu teori ini tidak begitu diketahui/diterima. Skyrmons sekarang

merupakan nama bagi sejenis bentuk zarah. Ia merupakan pemerihalan zarah dalam sebutan topologi medan, serupa seperti pemerihalan ekakutub magnet yang dikaji Kibble.



Tony Skyrme, 1946.

Skyrme lahir tahun 1922 di London dan belajar di Eton dan Cambridge. Beliau pernah mengambil bahagian dalam Projek Manhattan di Amerika untuk membina bom atom, di bawah Rudolf Peierls. Kemudian beliau memegang jawatan akademik di MIT, Princeton dan Birmigham sebelum berkhidmat 12 tahun di AERE, Harwell, di mana beliau cetuskan model Skyrmionnya, yang namun pada waktu itu tidak dihiraukan sangat.

Purchase PDF Export

ELSEVIER Volume 31, March–April 1962, Pages 666–669

A unified field theory of mesons and baryons
T.H.R. Skyrme^{*}

A.E.R.E., Harwell, England

Received 29 September 1961, Available online 30 October 2002.

Show less
[https://doi.org/10.1016/0029-5582\(62\)90775-7](https://doi.org/10.1016/0029-5582(62)90775-7) Get rights and content

Abstract

Some aspects of a field theory, similar to but more realistic than, that examined in the preceding paper are discussed. The way in which a non-linear meson field theory of this type may contain its own sources, and how these may be idealised to point singularities, as in the conventional field theories of interacting linear systems, is formulated. The structure of the particle source in the classical theory is calculated, and some qualitative features of the interactions between these particles and mesons are described.

Previous article in issue Next article in issue

Are you connected with an institution? Enjoy full time access anytime, anywhere.

Please contact your library or administrator and ask for a username and password. You will then have full access to ScienceDirect.

Purchase or Check for this article elsewhere

Check Access

^{*} Now at Department of Mathematics, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur, Malaya.

Kertas penyelidikan Skyrme dalam jurnal "Nuclear Physics", dengan alamat UM.

Sekitar 1958-9, Skyrme dan isteri melalui jalan permukaan bumi dari Amerika ke Australia dan kembali ke England, melewati Tanah Melayu. Mereka telah jatuh cinta dengan flora tropika dan telah meninggalkan Harwell untuk berkhidmat di UM pada tahun 1962. Pada tahun 1964, Skyrme pulang ke Britain untuk menduduki kerusi Fizik Matematik di Birmingham, dan meninggal dunia pada tahun 1987.

Sebenarnya Jabatan Fizik di UM, pada awal-awal penubuhannya, agak maju juga dari segi penyelidikan. Dengan ledakan bom atom pada akhir Perang Dunia Kedua, fizik nukleus

merupakan satu bidang panas waktu itu. Jabatan Fizik disediakan makmal fizik nukleus yang lumayan, dengan sumber radioaktif Kobalt 60, dengan segala kemudahan perlindungan sinarnya, yang tidak didapati di banyak tempat lain. Ketua Jabatan Fizik pada tahun 1986 ialah Profesor Abid Hussein, seorang ahli fizik nukleus warga Pakistan. Fizik plasma, yang pada masa itu diharapkan dapat membawa kepada proses pelakuran hidrogen, juga kuat di UM, bahkan menjadi pemimpin di dunia ketiga. Pelakuran hidrogen dijangka menjadi sumber tenaga yang lebih lumayan daripada tenaga nuklear akibat belahan nukleus. Ikon gah yang mencerminkan keterhadapan UM dalam fizik plasma ialah peralatan tokomaknya yang mengambil ruang dua lantai makmal. Minat dalam fizik nukleus kemudiannya menurun, mungkin kerana masalah buangan radioaktif yang susah ditangani. Begitu juga pelakuran hidrogen tidak diperolehi dengan mudah dan cekap, dan minat dalam fizik plasma pun menurun selepas itu.

Jabatan Fizik Universiti Malaya juga terkenal dalam bidang lain. Profesor Thong Saw Park, pernah Ketua Jabatan dan juga Dekan Fakulti Sains, mewakili Negara dalam sukan angkat berat di waktu sukan itu belum begitu dikenali di negara. Beliau telah mewakili negara ke Sukan Komanwel (ketika itu "Sukan Empayar Britain") di Auckland pada tahun 1950 dan telah memenangi pingat perak dalam kelas ringan (iaitu kategori *lightweight*). Yang menariknya, pasukan angkat berat, yang membawa balik 2 emas (termasuk pingat emas pertama negara di sukan komanwel), 1 perak dan 1 gangsa, terpaksa menanggung belanja sendiri ke Auckland. Mereka ditaja hanya RM3,300 yang mereka perlu bayar balik jika pulang tangan kosong. Di Jabatan Fizik, Encik Abdul Rahim, juga seorang ahli sukan angkat berat, dibawa berkhidmat di bengkel am.



Thong Saw Park (paling kiri) dalam pasukan wakil negara ke Sukan Empayar Britain 1950.

[nas.sg]

Sementara saya menyibukkan diri dengan rangkaian neuron dan kajian-kajian komputeran lain ke atas sistem-sistem kompleks, seperti ekonofizik, dunia fizik zarah keunsuran telah bergerak maju. Bagi pelanggar elektron-positron, dengan kelebihan memberi hasil perlanggaran yang bersih, generasi seterusnya TRISTAN, dengan tenaga pusat jisim sekitar 60 GeV, telah dibina di makmal KEK di Jepun, dengan harapan kuark atas dapat ditemui. TRISTAN beroperasi hamper 10 tahun sehingga 1995, tanpa menemui atas. Penubuhan Makmal Kebangsaan Fizik Tenaga Tinggi KEK menandakan penceburan Jepun sebagai suatu pemain besar dalam duni fizik zarah bereksperimen.

Pelanggar elektron-positron seterusnya dibina di CERN. Digelar LEP, ia merupakan bulatan bawah tanah dengan lilitan 27 km, sebahagiannya dalam Swis, dan sebahagian lagi dalam sempadan Perancis. Ini untuk memberikan perlanggaran elektron dengan antizarahnya pada tenaga 100 GeV, dan lebih. Walaupun kuark atas juga tidak ditemui di sini, ia boleh mengkaji boson Z^0 dengan penuh teliti, apabila tenaganya ditalakan pada nilai tenaga jisim boson itu. Antara lain, ukuran kadar reputan Z^0 dapat menentukan bilangan spesies neutrino (ringan) dan dengan itu bilangan generasi atau keluarga zarah yang ada. Kepercayaan kepada 3 generasi dalam model piawai fizik zarah dipahat.

Bekas penyelidik TASSO di Imperial secara amnya berpindah kepada LEP. Ada juga yang kekal berseksperimen di pelanggar elektron hadron baharu HERA bersama pakatan ZEUS di Hamburg. Selepas LEP, LHC dibina untuk perlanggaran proton-proton dalam terowong LEP. Antara lain, Jim Virdee dari Imperial yang gigih menggerakkan penubuhan pakatan CMS di LHC. Bekas penyelia saya, Peter Dornan, setelah mengkaji kuark perisa berat bersama ALEPH di LEP, memilih pakatan LHCb, yang membina pengesan khas untuk kajian kuark b.

ZEUS

Pada tahun awal 2000an, semasa saya mengetuai Jabatan Fizik di Universiti Malaya, Brian Foster dari Universiti Bristol (kemudiannya menjadi professor di Oxford) telah dilantik pemeriksa luar. Kebetulan, beliau juga menjadi jurucakap (yakni ketua) pakatan ZEUS di pelanggar elektron-proton HERA di DESY, Hamburg. Dengan galakannya, dan sokongan pembiayaan penyelidikan yang telah diwujudkan, kami memohon dan berjaya menyertai ZEUS pada tahun-tahun akhir hayat eksperimennya. Kami dapat menimba pengalaman dan membina sedikit kekuatan. PhD tempatan pertama dalam fizik zarah bereksperimen telah dapat dihasilkan.

Satu projek kami bersama ZEUS ialah untuk membina semula sistem kawalan bacaan keluar menggunakan elektronik FPGA (*Field Programmable Gate Array* – Tatasusunan Get Terbolehaturcara-Medan). ZEUS bermula tahun 1980an jadi menggunakan teknologi lama. Apabila kami dari UM menyertai ZEUS, yang telah sempurna dibina, ahli pakatan memikirkan apa sumbangan yang kami boleh berikan dari segi binaan pengesan. Kami telah bersetuju untuk membina semula sistem kawalan bacaan keluar yang telah ada menggunakan teknologi FPGA, yang baharu ketika itu. ZEUS menggunakan senibina talian paip berkisar untuk membaca isyarat dari pengesan, dan bergantung kepada samada peristiwa berkenaan dimahukan atau tidak, storn talian paip itu dibaca ke tahap seterusnya, ataupun dibuang dengan ditulis isyarat baharu ke atasnya.



Saintis dari Universiti Malaya di cafeteria DESY. Di luar, salji.

Setelah ZEUS mengakhiri khidmatnya, kami mula fikiran arah kami seterusnya. Pada awalnya, hasil pertimbangan kos dan jarak, kami menyertai pakatan Belle II yang bakal dibina untuk pemecut SuperKEKB yang dinaiktaraf daripada KEK. Makmal KEK di Jepun pun juga mencari kerjasama lebih luas daripada Asia Tenggara. Eksperimen ini bukan pada tenaga tertinggi, tetapi pada keamatan perlanggaran tertinggi, dengan cadangan mengkaji hasil daripada satu trillion zarah berkuark bawah. Orang Jepun pun sangat mengalukan penyertaan kami. Bahkan mereka telah adakan Sekolah Fizik Zarah Asia Tenggara pertama di Universiti Malaya pada tahun 2011, dengan kerjasama kami. Setelah melewati Indonesia dan Thailand, tahun 2017, Sekolah ini kembali ke Kuala Lumpur.



Peserta Sekolah Fizik Zarah Asia Tenggara pertama 2011.

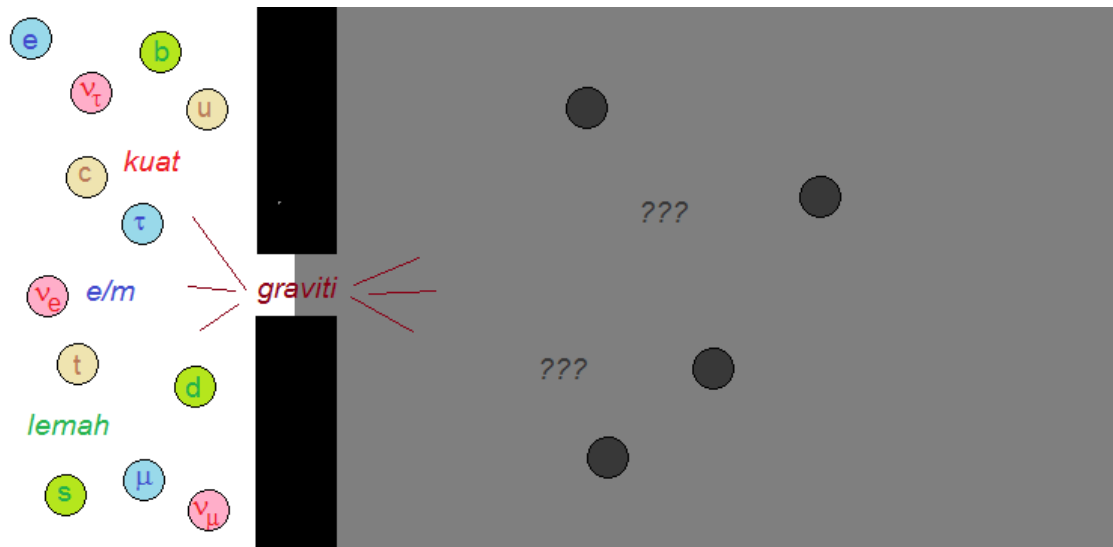
CMS

Sementara itu, Akademi Sains Malaysia (ASM) telah membela minat untuk mengambil bahagian dalam penyelidikan di CERN. Beberapa felo telah melawat CERN, termasuk Presidennya ketika itu, Tan Sri Tajuddin Ali. Bahkan beliau telah menandatangani memorandum persefahaman bersama CMS, satu daripada dua pakatan besar antarabangsa yang telah membina pengesan zarah serbaguna di pelanggar bertenaga tinggi LHC. Ketua Pengarah CERN pada waktu itu, Profesor Rolf-Dieter Heuer, dari Jerman, telah mencadangkan ASM merekrutkan kami di UM untuk projek ini. Profesor Heuer sebelum itu Timbalan Ketua Pengarah DESY di Hamburg, dan kami telah menemuinya semasa kami menganggotai pakatan ZEUS di sana. Rupanya dia masih ingat keaktifan kami dalam fizik zarah keunsuran bereksperimen peringkat antarabangsa.



Saya bersama Jurucakap CMS ketika itu, Joe Incandela, dan Presiden ASM ketika itu, Tajuddin Ali (tiga 'Joe'), di dalam ruang bawah tanah yang merumahi eksperimen CMS di CERN.

Malaysia telah diterima masuk ke dalam pakatan CMS secara undian pada bulan September 2013 semasa mesyuarat tritahunan pakatan di Taiwan. Waktu itu, penemuan Higgs oleh CMS dan ATLAS telahpun diumumkan, iaitu di tahun sebelumnya. Jemputan khas dalam mesyuarat itu ialah ahli teori Hitoshi Murayama, pengarah Institut Kavli untuk Fizik dan Matematik Semesta, Tokyo. Beliau memberi kuliah tentang ide-ide teori untuk sektor gelap. Jirim gelap diandaikan menghuni alam fenomenologinya sendiri dengan struktur daya saling-tindaknya sendiri. Ia bersaling-tindak dengan jirim biasa hanya menerusi graviti.



Dunia model piawai dan dunia gelap dihubungi graviti.

Murayama seorang ahli teori muda yang dijulang. Dalam ceramahnya, dia menyentuh peraturan anugerah Nobel fizik yang hanya membenarkan paling ramai tiga orang menerimanya dalam setahun, dan oleh itu, pakatan CMS, mahupun ATLAS, tidak berpeluang dianugerahkan Nobel untuk penemuan zarah Higgs tahun sebelumnya itu. Dia mencadangkan CMS dianugerahkan Hadiah Nobel Keamanan sebagai ganti. Sebenarnya, pakatan seperti CMS dan ATLAS, dan CERN secara amnya, banyak membawa persefahaman di antara manusia dari pelbagai negara.

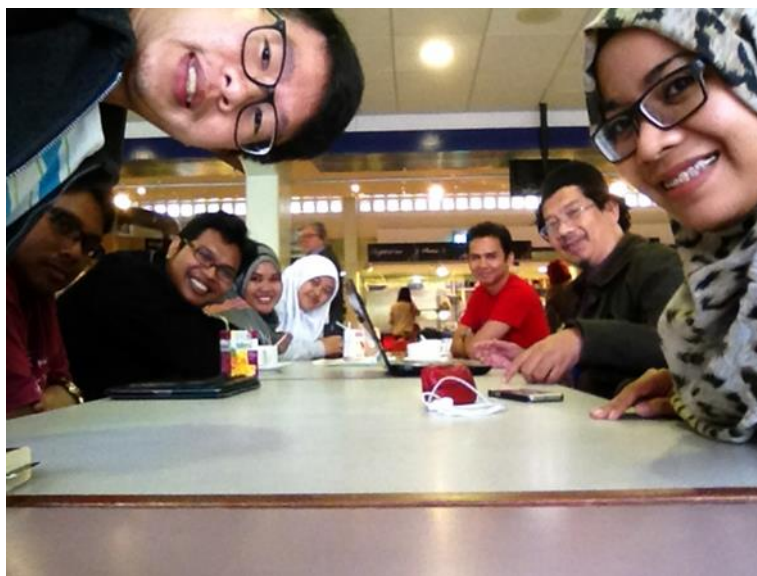
Saya bertembung dengannya semasa meninjau poster-poster pameran semasa mesyuarat itu. Saya mengambil peluang mengambil gambar dengannya sambil menyeloroh, "Gambar bersama pemenang Nobel!" Saya terangkan kepadanya bahawa bakal pemenang Nobel itu bukan dia, tetapi saya. Saya merujuk kepada saranannya supaya Hadiah Nobel Keamanan diberikan kepada CMS dan ATLAS.



Bersama mungkin pemenang Nobel akan datang: Hitoshi Murayama.

Walaupun bagaimanapun, penemuan Higgs diisytiharkan selepas Malaysia memasuki CMS. Diharapkan, dengan larian pada tenaga lebih tinggi, fenomena baharu seperti supersimetri akan ditemui CMS bersama Malaysia.

Pelanggar proton seumpama LHC merupakan alat-alat penemuan. Ini kerana ia bisa mencapai tenaga yang tinggi, akibat kesamaan jisim dan tenaga, dan besarnya jisim proton berbanding jisim elektron misalnya. Boson Z^0 ditemui di pelanggar hadron. Kuark atas, t , ditemui di pelanggar hadron, walaupun dicari tanpa kejayaan di pelanggar-pelanggar elektron-positron. Kelebihan mesin elektron-positron ialah 'kebersihan'nya kerana proses perlanggaran yang tunggal, berbanding proses-proses perlanggaran berganda dalam perlanggaran proton akibat kandungan proton yang rumit.



Bersama pelajar-pelajar pascasiswazah Universiti Malaya di kafeteria CERN.

CMS, singkatan bagi 'Compact Muon Solenoid' atau Solenoid Muon Kompak, merupakan satu daripada dua pengesan serbaguna di titik perlanggaran proton-proton di LHC iaitu 'Large Hadron Collider' atau Pelanggar Hadron Besar di pusat penyelidikan nuclear Eropah CERN di Swis. CERN ialah suatu pusat penyelidikan antarabangsa yang menakjubkan. Ia telah ditubuhkan selepas Perang Dunia pada tahun 1950an dengan slogan 'Sains untuk Keamanan'.

Sejarah pelanggar CERN bermula dengan pemecut linear yang memecut proton, iaitu hidrogen yang diionkan, atau ion-ion yang lebih berat, dengan menggunakan medan elektrik ke atas ion-ion bercas itu, menghasilkan zarah-zarah dengan tenaga beberapa ratus MeV. (Tenaga 1 eV ialah tenaga diperolehi suatu zarah dengan cas sebanyak cas satu elektron merentasi bezaupaya 1 Volt.) Zarah-zarah terpecut ini kemudian disuntik kedalam mesin-mesin bulat supaya pecutan lagi dibuat berbilang-bilang kali. Dalam skema yang ada sekarang, proton 50 MeV disuntik ke dalam 3 sinkrotron menurut giliran, yang menghasilkan proton dengan tenaga 1.4 GeV, 25 GeV dan 450 GeV. Akhirnya ia dipindahkan ke dalam paip alur LHC (*Large Hadron Collider* – Pelanggar Hadron Besar), di mana ia dipecut

sehingga 6.5 TeV. LHC berada seratus meter bawah tanah, bulatan dengan lilitan 27 km, merentasi Suis dan Perancis.

Ada empat eksperimen utama yang memasang pengesan mereka di empat tempat di atas LHC. Dua eksperimen yang agak am, iaitu ATLAS, berjiranan dengan pusat CERN, dan CMS, di titik paling jauh, dan dua yang khusus, iaitu LHCb, dirangka khas untuk lebih berkesan dalam kajian kuark b, dan ALICE, dirangka khas untuk lebih berkesan dalam kajian perlanggaran ion berat bertenaga tinggi. Tapak CMS, lebih-kurang 8 km dari pusat CERN, adalah di kawasan perladangan di Cessy di daerah Pays de Gex di Peranchis. Penyediaan tapaknya telah menemukan suatu vila Rom daripada abad ke 4 maseh. Penggalian cerobong 100 m dalam ke gua pengesannya membabitkan penggunaan nitrogen cecair untuk membuat penghadang kepada aliran air bawah tanah yang didapati.

Pengesan CMS mengukur momentum zarah bercas, tenaga elektromagnet dan hadron, dan mengesan muon, yang paling menusuk. Momentum diukur menggunakan pengesan jejak berasaskan silikon, semipengkonduksi yang mengesan zarah bercas yang lalu. Untuk mengetahui momentum zarah berkenaan, trajektorinya dipesongkan oleh suatu medan magnet, dan pesongan ini memberikan magnitud momentumnya dan casnya. Pada tenaga perlanggaran di LHC, zarah-zarah terhasil sangat tinggi nilai momentumnya, jadi medan magnet yang kuat diperlukan untuk memberi belokan yang bermakna. CMS menggunakan supermagnet, iaitu elektromagnet dengan arus tinggi akibat penggunaan dawai superpengkoduksi. Medan magnet 3.8 Tesla merupakan lebihkurang serratus ribu kali lebih kuat daripada medan magnet bumi itu sendiri. Ini dihasilkan menerusi laluan 20 ribu Amper arus elektrik dalam gegelung niobium-titanium yang disejukkan ke -270°C , hanya 3 darjah dari sifar mutlak. Gegelung supermagnet itu menyimpan tenaga 2.7 gigajoul (sama dengan tenaga kinetik suatu pesawat Airbus A320 dalam penerbangan), dan sistem supermagnet keseluruhannya mempunyai berat 12,500 tan metrik, hampir 2 kali ganda berat Menara Eiffel. Pengesan CMS yang keseluruhannya berat 14,000 tan metrik, berdiameter 15 meter dan panjang 28.7 meter, dirangka, dibina, dikomisyen, dioperasikan dan disenggarakan bersama oleh lebih-kurang 2,500 saintis dan jurutera dari lebih-kurang 180 institusi dari lebih 40 negara dari 6 benua.



Sebahagian ahli pakatan CMS di hadapan gambar saiz sebenar keratan rentas pengesan CMS.

Kemasukan ke dalam pakatan CMS memerlukan bukan sahaja sumbangan tenaga dan kemahiran, tetapi juga dari segi peralatan. Malaysia telah berikrar untuk menyediakan kemudahan komputer berprestasi tinggi, sebagai ganti kepada sebahagian bayaran penyertaan CMS. UM telah sediakan gugusan komputer dengan 800 teras komputeran dan hampir 1 petabait ingatan, bersambung internet laju. Tahun sekitar 2013 merupakan tahun-tahun gembira untuk penyelidikan di Universiti Malaya. Dengan konsep 'universiti penyelidikan', UM adalah di antara universiti yang diberikan RM100 juta untuk penyelidikan untuk dibelanjakan (dan *mesti* dibelanjakan) untuk setahun. Bukan sahaja jumlahnya menggembirakan, tetapi proses pembelanjanya juga bebas daripada kawalan ketat pentadbiran perkhidmatan awam pada tahap kementerian. Gugusan komputer ini dirancang sebagai suatu nodus Tier 2 (dinamakan 'sifir') dalam grid komputeran antarabangsa untuk LHC. Bersama teras komputeran biasa, disediakan juga kemudahan pengkomputeran menggunakan unit pemprosesan grafik GPU, dan juga tatasusunan get teraturcarakan medan FPGA. Pusat pengkomputeran berprestasi tinggi ini juga menyediakan kemudahan pengkomputeran laju untuk pengguna-pengguna lain juga, termasuk ahli kimia yang menjalankan pengiraan yang tebal dalam memodelkan molekul-molekul secara berangka. Ia juga menyediakan prasana bagi penyelidik-penyelidik sains komputer untuk menerokai senibina dan protokol-protokol sistem teragih baharu. Juga, ia memberi landasan kepada kerja-kerja dalam Data Besar yang semakin penting dari tahun 2010an.