

IoP-MHEP-Expt & Mainland China Collaboration

物理所高能實驗與兩岸合作



- 📖 Birth, Pre-1997
 - 📖 TEXONO
 - 📖 CJPL & CDEX &
 - 📖 Perspectives & Prospects
- ☑ "I" == HTW
 - ☑ (*) == crucial "wavefunction-collapsing" yet not-entirely-natural (不全按牌理) moves



Henry T. Wong (王子敬) & Jin Li (李金)

2018年11月9日

@



悼念



王煥玉（1954年12月29日－2018年11月4日），河北文安人，中國粒子天體物理和空間探測領域專家，中國科學院高能物理研究所原黨委書記、副所長，研究員，硬X射線調製望遠鏡（HXMT）衛星地面應用系統總指揮、衛星系統副總指揮。

1996年9月 至 1997年12月 為 物理所
高能物理實驗組 客座研究員

..... 在学术会议上做报告时发生心梗去逝。他的最后一句话说：
『今天身体不太舒服，不能把HXMT的科学成果都讲给大家了。』

A Theory Paper that Graces My Office

1998/10/9

兩岸透過學術合作 共創雙贏

許傳雲

多日來，報章雜誌充斥汪會談的消息，兩岸之間關係，能有轉機，使緊張局面有所舒緩，這是百姓之福。圍繞這些消息，大家的注意力都集中在政治層面。兩岸問題，誠以政治方面最為棘手，政治問題卻不啻是兩岸關係的障目。經濟方面，受制於感應用術也都是兩岸交流的主題。文化方面的交流，還有不少活動，學術方面的交流，至今似還沒有個別學者互訪，此外尚未有多方面的開展。

廿世紀 知識決定國力

本報就兩岸學術交流與合作，試作一些討論。今日世界，學術發展的重要性，已大為超過幾十年前的境界。首先，學術研究取得的成果十分豐碩，新知識層出不窮，學說不斷推陳出新。再者，今天科學研究與生產技術緊密結合，科技工業的高額附加價值，使知識也尋回財產。尤須注意，科技發展的成果，對於社會行為，價值觀念都有衝擊。例如醫學與生物學方面的新知識與新技術，促使人們對於生命的意識，必須從另一角度思考。又如，物理學與天文學的發現，在宇宙發生有所啟示，並且觸發我們思考宗教上的終極意

蕞爾台灣 爭雄唯賴合作

知時代已滲入而來，台灣將何以自處？誠然，我們在學術發展方面，頗為努力，尤其最近十年來，台灣的學術實力，較前進步不少。然而，台灣研究地小，單憑自己的力量，恐怕還是不易爭到領先的地位。歐洲列國，大都也有類似的困難。比較時，荷蘭

人類文明發展，從採集食物到生產食物；從行商到大型國家；從信賴神祇到理性思考，不論哪一方面，都曾曾有平行的發展軌跡。現在則是生產、組織與學術三個方面都匯聚於精密知識、掌握知識以至於利用知識；為此，廿世紀或可稱為知識的時代！

也都是小國；即使法國、德國與英國，雖是歐陸大國，人口及學校數字，仍算不能與美國相比。為此，歐洲諸國在戰亂立以前，早已著手合作發展學術研究的實力。淵物理研究中心，即是一個國際合作的研究所單位。除了這種合作研究中心之外，歐洲各國的學術人才，頗多交流滲注。歐洲的學術界，已顯然是一個聯合體。小與國力的學術力量，已顯然是一個聯合體。小與國力的學術力量，已顯然是一個聯合體。

這一國際合作情勢，目前尚成熟。然而，海峽兩岸的合作，則有可為。台灣地小人少，學術界也難以再有大幅開展。反之，大陸的學術界人數眾多，量的方面，先就有較大的潛能。在質的方面，台灣學者亦選首先進一層次的尖端人物，究竟為數不多，台灣學術界的真正實力所在，則是中年的中堅群，訓練好，基本功夠用，足以組成一支優良的研究群

兩岸學術社群 恰可互補

兩岸的學術人才分佈情形，恰可互補。台灣的中堅層，加上大陸的龐大學術儲備，攜手組織研究團隊，即是強有潛力的學術社群。顯然大陸的學術界也已覺察自己的問題所在，最近他們已擬劃方案，選擇了北京、清華、復旦、上海交大、西安交大、南京大學及安徽的科技大學，作為重點發展的考研單位。不但投入經費，而且致函專業大學為綜合大學。除上列七家大學外，四川大學、浙江大學、青島大學都已將附近的院校合併，成為大型綜合大學。大陸藉此方向的改革，當可有幾個人力物力的學術單位，青年學者也可接受超越專業學科的訓練。

東亞學圈 足與歐美鼎立

這一工作，當是兩岸合作交流，最不會有政治爭議的部分。如果逐步走去，台灣與大陸，互補短長。學術以品質為重，台灣與吃虧，而大陸的經濟改革正在進行，也有樹一個優秀學術界，作為重要的支柱。我們經常討論兩岸的關係，是雙贏的局面。學術合作，即是最能達到雙贏的途徑。在知識的時代，我們不能永遠仰他人高鼻，我們必須結合各方助力，建立一個以自立的學術社會。這一任務，有賴於適當的規劃，也有賴於各方面的支持。台灣的光顧力量，不下於政府的力量。民間人士，其眼光胸襟，也不劣於廟堂。我們盼著公私力量，均能投入這一工作，助成學術合作的事業。

(作者為中央研究院院士、美國匹茲堡大學教授)

伍，我們吃虧的存數單，這一支隊伍還不足以支撐重要的研究園地，要不過有後續的「二軍」人口極小部份，但是學術社群人數仍是相當眾多。其中出類拔萃的優秀人才，以數字而言，也相當不少。另一方面，大陸的學術界，受多次政治運動的衝擊，吃虧不少。再加上，自從五零年代，大陸仿照蘇聯制度，將學科訓練，切成許多極專的科目，可說全無跨出本門專業的場合。數十年來，大陸學制可以訓練專家，但無能訓練具有獲得研究能力的學者，於是也不能有突破能訓練領域的尖端研究人員。大陸的上代學者，已逐漸凋零，中生代則接不上去。大陸學者出國深造者，即便回去服務世道不滿一層。

大陸經過如此改革，兩岸的學術交流與合作，即有可以著力之處。台灣研究單位屈指可算，其實也相當集中。兩岸若能對等的全面長期合作，從培訓青年學者，以至發展研究專題，設立合作研究計畫，以兩岸的實力，再加上海外華人學術界的支援，即可能發展為世界上重要的學術社群，從更遠的遠景來看，華入學術社會，甚至可能成為東亞學術社會的核心，也與日本韓國的學術界合作，建立歐美以外的第三個學術圈。

..... Now the Experiment Report

首次長期訪問 (*) :

高能所(CAS-IHEP)郁忠強、于傳松 [1994/4/27 始]

⇒ CDF、Top Quark Physics、探測器、電子學...

中央研究院聘書

茲 敦 聘

郁忠強先生為本院物理研究所特案副研究員

自民國八十三年四月廿七日起至八十四年四月廿六日止

此 聘

院長 李遠哲

國聘字第 〇 一 五 號

中央研究院聘書

茲 敦 聘

于傳松先生為本院物理研究所特案副研究員

自民國八十三年四月廿七日起至八十四年四月廿六日止

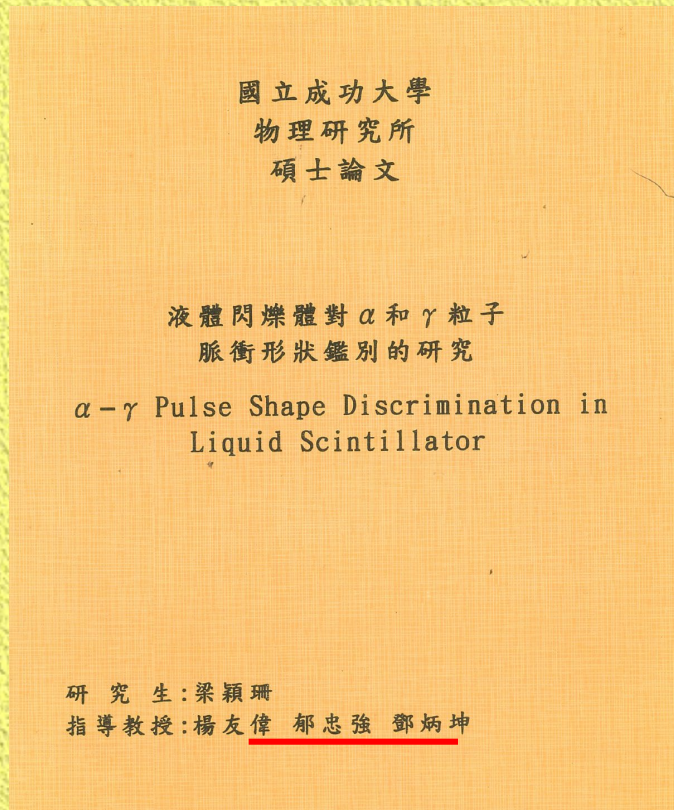
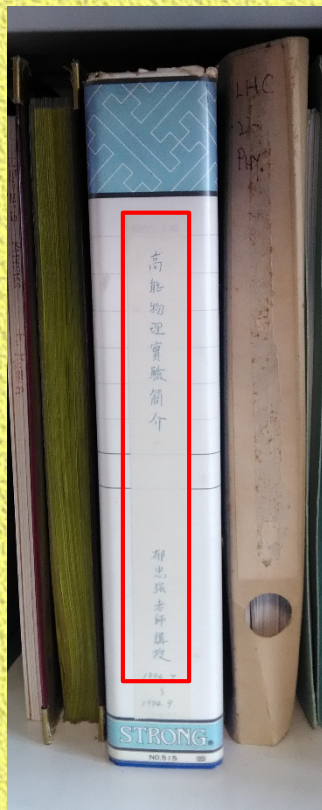
此 聘

院長 李遠哲

國聘字第 〇 一 四 號

<p style="text-align: center;">(函) 院 究 研 央 中</p>		<p>性 質</p> <p>物理研究所</p>	<p>受 文 者</p> <p>本院人事室(無附件)</p>	<p>批 辦 單 位</p>
<p>示 批</p> <p>示 批</p>	<p>者 受 收 本 副</p>	<p>文 發</p> <p>字 號</p> <p>日期</p> <p>中華民國八十二年六月 25 日</p>	<p>附 件</p> <p>如 文</p>	<p>收 文 日 期</p>
<p>說明:</p> <p>一、復 貴所八十二年六月十五日(82)佐政字第四〇三暨四〇四號函。</p> <p>二、隨函奉回原件(如后附),請 查收。</p> <p style="text-align: center;">院 長 吳 大 猷</p>				
<p>主旨:貴所為研究需要,擬以客座專家名義,擬以客座專家名義,延聘大陸科學院研究人員于傳松、郁忠強先生乙案,請依規定於聘期開始四個月前辦理,並備齊所需證件,俾憑轉致行政院國家科學委員會申請延攬,事關當事人權益,請 查照辦理。</p> <p>一呈閱 二吳美惠小姐上星期六 下班前送來補件 三敬會吳美惠小姐</p> <p>收 文 字 號 1024 號</p> <p>收 文 日期 82年6月28日</p>				

公文作業1993/6 始、
歷時十月! [Teng PK]



隨後...



盛俊鵬 1995/6



毛澤普 1995/9



戴貴亮 1995/12



王煥玉 1996/9



趙棣新 1996/11

TEXONO & CDEX 合作團隊

🏆 研究主軸：低能區微中子與暗物質物理

TEXONO

Taiwan EXperiment On Neutrino [since 1997]

◎ 國聖核電廠微中子實驗室(KSNL)

- 台灣 (中研院, 核二廠, 核能所, 清大, 台大)
- 土耳其 (METU, DEU)
- 印度 (Banaras Hindu U)



CDEX

China Dark Matter EXperiment [birth 2009]

◎ 中國錦屏地下實驗室(CJPL)

- 清華, 川大, 原子能院, 南開大, 北師大, 雅礮江水利



TEXONO - 啟航歷史與里程

- 1995: 李世昌邀請張仲灃(U.Maryland)來台, 開展微中子實驗
- 1996/4: 訪問北京、探討策略架構 [MOU:AS+IHEP]
 - 🏆 台灣中研院: 張仲灃、李世昌
 - 🏆 北京高能所: 鄭志鵬、李金
 - [張(口述、文集) : 王淦昌 具重要影響]
 - 📖 Where: 台灣本土 (*)
 - 📖 What: 核電廠微中子(*)
 - 📖 Who: 台灣與中國大陸合作(*)
- 1997/1: 王子敬加入、與李金共同推動、內容與細節(How's - the Devil's)定案、組織兩岸團隊

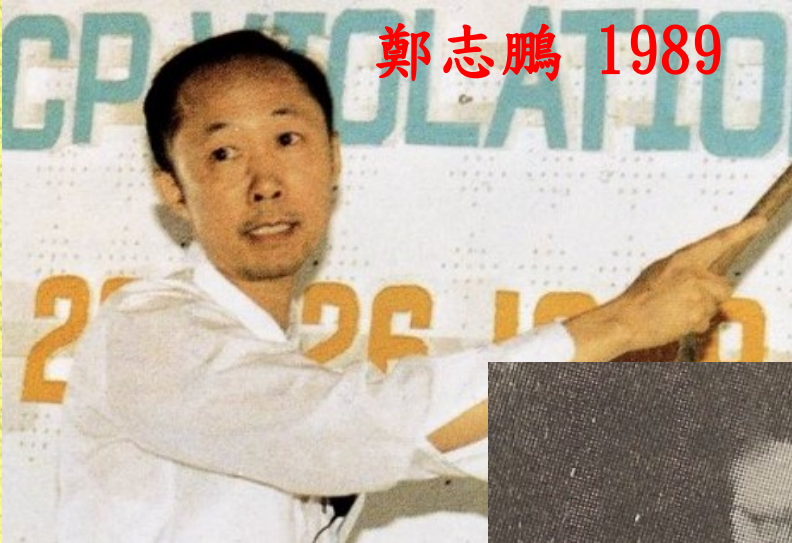
李世昌
2010



張仲濤 2010



鄭志鵬 1989



李金 1990's

王淦昌、張仲濤 1988



Memorandum of Understanding

台灣中央研究院物理研究所(以下簡稱物理所)高能組負責人李世昌教授和張仲濤教授於1996年3月11日至14日訪問北京高能物理研究所(以下簡稱高能所)。訪問期間，與在核物理、粒子物理，特別是中微子研究領域卓有成就的著名物理學家王淦昌教授，以及高能所所長鄭志鵬教授和有關物理學家進行了廣泛的學術交流和討論，就雙方共同發展合作研究過程如下意向：

1. 雙方物理學家聽取並討論了張仲濤教授提出的物理所方面為實驗地點的中微子振盪實驗報告。一致認為，該實驗項目有深刻的科學意義，在物理所方面已取得初步的經費支持，在高能所方面也在技術、隊伍、資源等方面對該實驗項目做出貢獻的潛力，雙方物理學家參與的研究工作已經展開。因此，該實驗可成為海峽兩岸中國物理學家倡導並共同發展的一個雙邊合作項目，並在幾年內做出成果，在國際高能物理該領域研究的前沿做出貢獻。在項目進行的中後期，還可望將雙邊合作擴展為多邊的國際合作的高能物理實驗項目。

李世昌

物理所(簽字)

日期

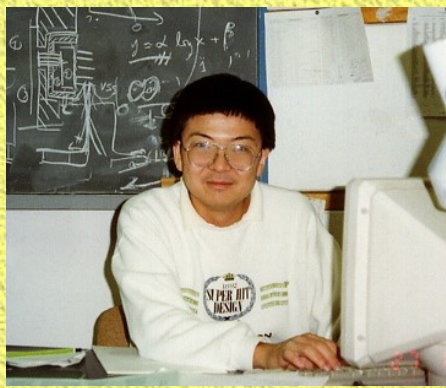
4月5日 1996年

鄭志鵬

高能所(簽字)

日期

4月15日 1996年



- 📖 I was at CERN 1992 – 1996, prior to AS.
- 📖 After learning the TEXONO plans [*all in future tense*], TWO senior CERN physicists in independent occasions *“sweetly”* reminded me that CERN and DUBNA have been jointly **nominated for Nobel Peace Prize** for being able to work together

📖 While directions & technologies (方向&方法) have evolved and changed, the **founding Cross-Strait Collaboration** spirits remain *intact* despite various challenges & are *“guiding principles”* in difficult decisions.

國聖微中子實驗室 (KSNL)



Science
AAAS

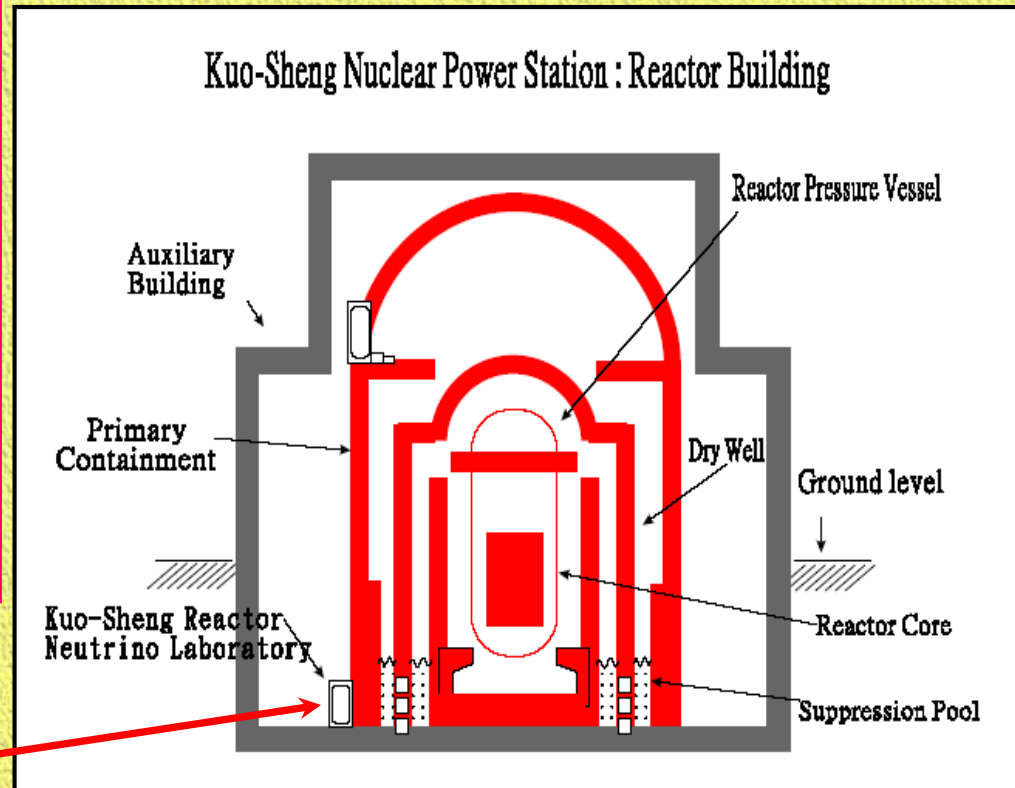
16 MAY 2003 VOL 300 SCIENCE



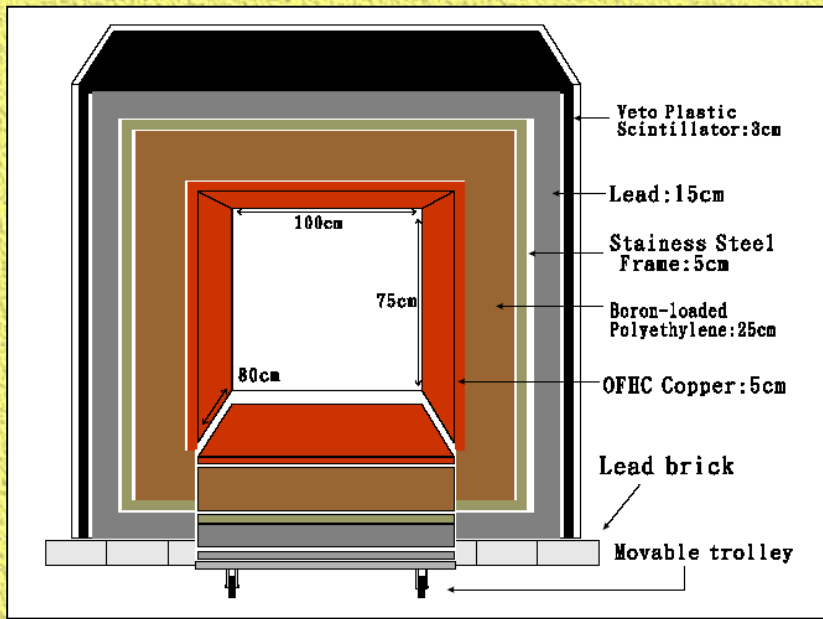
Taiwan-China Collaboration

A Bridge Over Troubled Waters

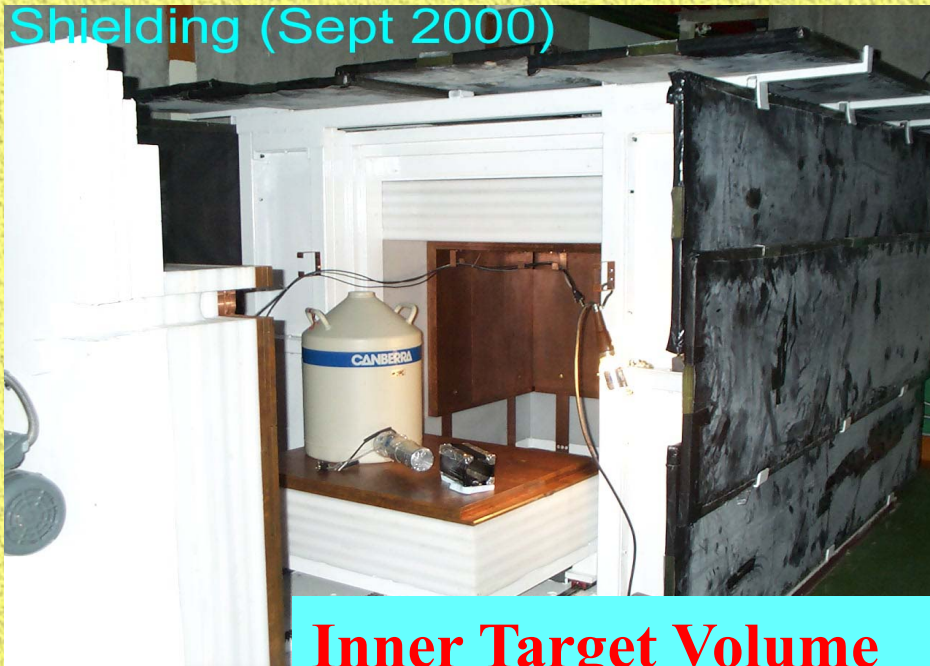
Researchers from Taiwan and the mainland have hit scientific pay dirt with the first—and so far the only—collaboration between two institutions across the Taiwan Strait



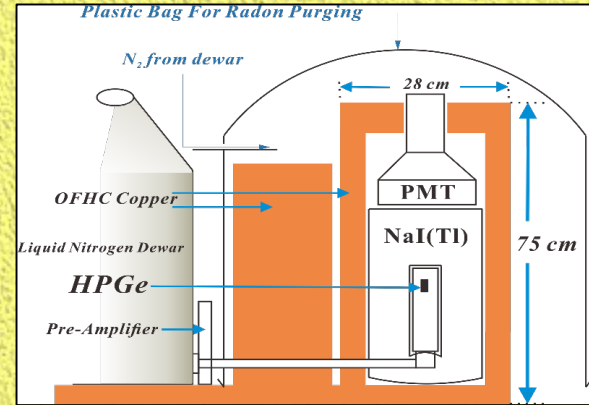
- 28 m from core#1 @ 2.9 GW
- Shallow site : ~30 mwe overburden
- ~10 m below ground level



Shielding (Sept 2000)



Inner Target Volume



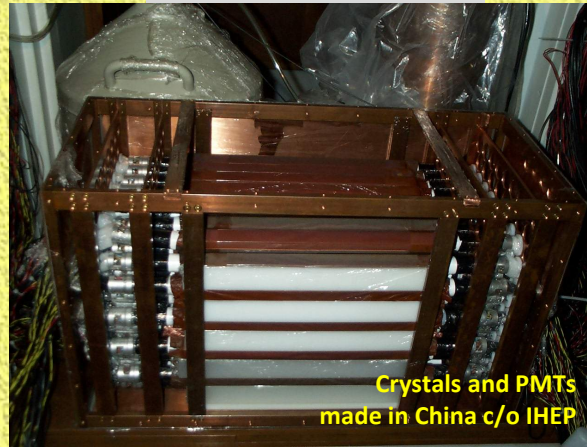
Configuration: Modest yet Unique
Flexible Design: Allows different detectors conf. for different physics

KSNL : Detectors Schematics

ULB-HPGe [1 kg]



CsI(Tl) [200 kg]



Crystals and PMTs
made in China c/o IHEP

sub-keV Ge (20-1400 g)



- ✓ IHEP-designed G1 electronics system
- ✓ G1-FADC became hardware seed of MHEP's Hadron Physics Program (Chang WC)



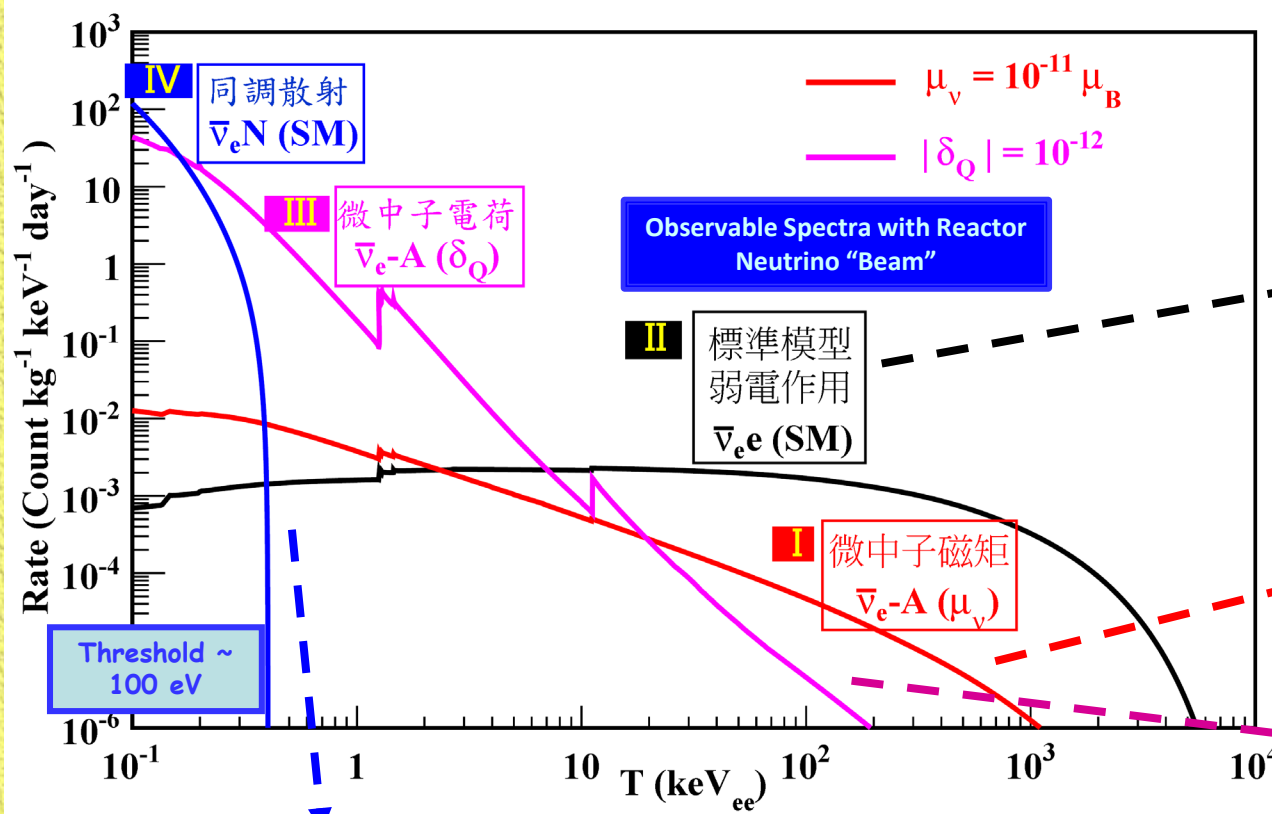
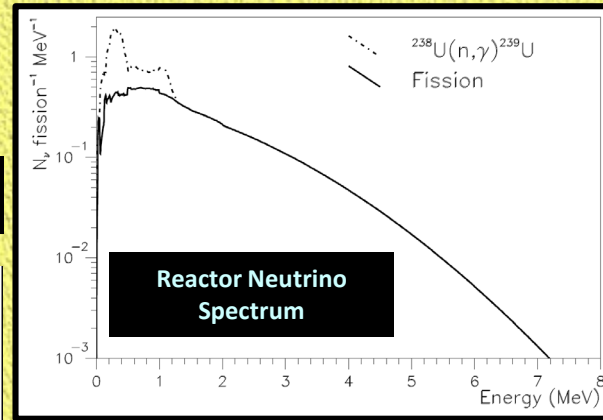
2010's: Data Acquisition
with FADC Readout &
FPGA Capabilities

Neutrino Properties & Interactions at Reactor

quality

Detector requirements

mass



ν -e Scattering SM [PRD10] & NSI/BSM [PRD10, PRD12, PRD15, 2XPRD17]

⇒ 200 kg CsI(Tl)

Magnetic Moments [PRL03, PRD05, PRD07]

⇒ 1 kg HPGe

Neutrino Milli-charge [PRD14]

⇒ sub-keV O(kg) PCGe

νN Coherent Scattering [Current Theme; PRD16]

⇒ sub-keV O(kg) ULEGe / PCGe [NIMA16]

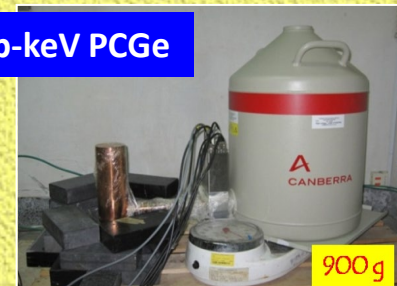
⇒ Dark Matter Searches @ KSNL [PRD09, PRL13, AP14]

⇒ Theory Program [PLB14, PRD15, PRD16]

⇒ CDEX Program @ CJPL [PRD13, 2XPRD14, PRD16, PRD17, CPC17, PRL18]

Independent, Thriving and Diverse Programs ...

sub-keV PCGe



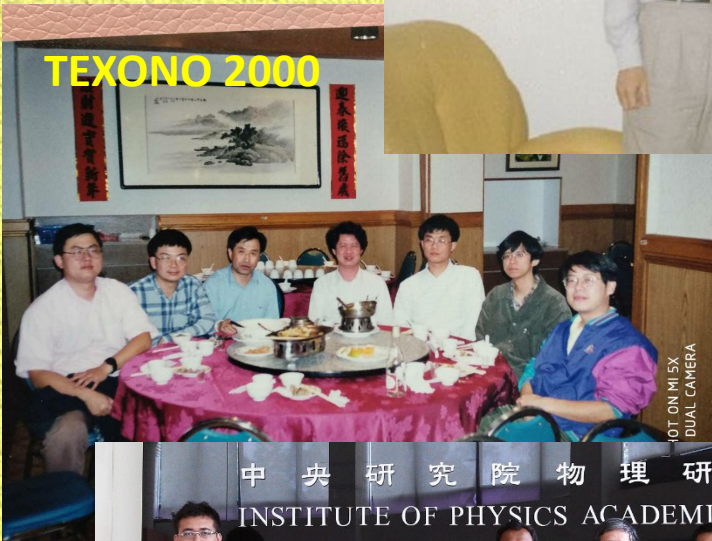


原子能院(CIAE) 周祖英、唐洪慶 ~1998



TEXONO 第一個物理結果，於 CIAE 中子源完成 (PLB-02)

TEXONO 2000



TEXONO 2003



中央研究院物理研究所
INSTITUTE OF PHYSICS ACADEMIA SINICA



TEXONO 2012

The first two decades...

Taiwan EXperiment On Neutrino — History and Prospects

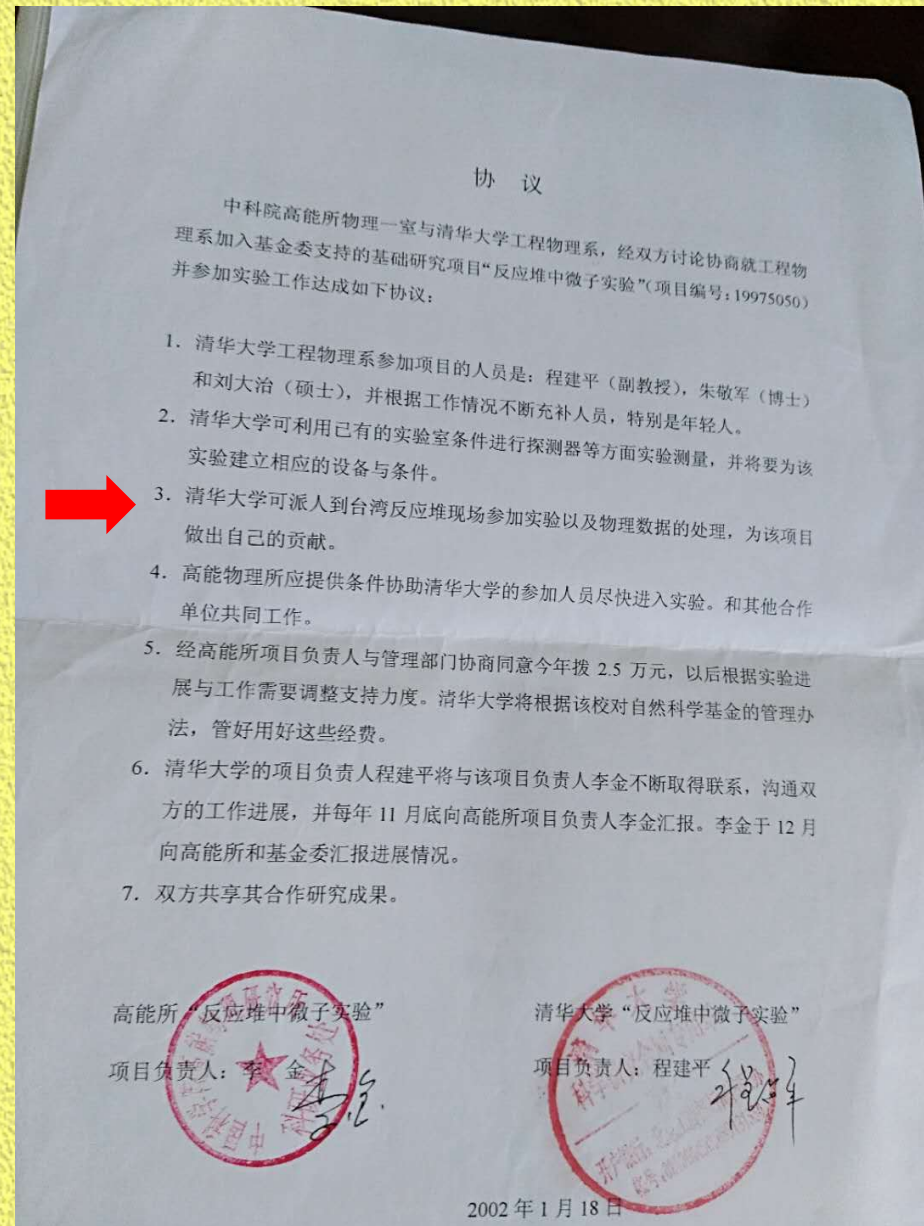
International Journal of Modern Physics A
Vol. 33, No. 16 (2018) 1830014 (30 pages)
© World Scientific Publishing Company
DOI: 10.1142/S0217751X18300144

Henry Tsz-King Wong
Institute of Physics, Academia Sinica, Taipei 11529, Taiwan
htwong@phys.sinica.edu.tw

2002:

李金成 北京清華
工程物理系 客座研
究員， 推動該校高
能物理實驗計畫(*)

清華參加高能所 [台
灣反應堆中微子實驗]
(**)



2003-04:

📅 Li Jin & I started building the new THU team and suggested – ***INSTEAD !*** – that they can spearhead a **light dark matter project** at the new underground laboratory **Yangyang (Y2L)** in Korea, using the “**low threshold Ge detector technique**” at KSNL (**)

- ✓ Natural to expand applications of the **LE-Ge** techniques to ***both*** neutrinos & dark matter
- ✓ I feel **Light Dark Matter**, then an obscure subject, is ready to have its windows opened.
- ✓ Our searches of **underground sites in Taiwan** do not provide appetizing candidates
- ✓ Our survey of Taiwan **reactor sites for “*theta-13 projects*”** also do not yield competitive locations (c.f. Daya Bay)
- ✓ We see the **potentials and ambitions** of the THU team and feel necessary to guide them to meaningful challenges with long-term prospects & growth

“Some birds cannot be caged ! “

2004-08:

- 📅 I was too busy to really invest much efforts to the DM@Y2L project headed by the THU team
- ✓ Data taking & analysis , hardware R&D for TEXONO @ KSNL
 - ✓ Consolidating working relationships with new teams from BHU, India and METU, Turkey
 - ✓ Family affairs also got me occupied....

- 📅 Meanwhile, the THU team struggled on @ Y2L under minimal support **BUT**
- ✓ The project gathered visibility and interest in THU
 - ✓ Site visits of THU leadership **S** to Y2L , incl. **VP Kang 康克軍**
 - ✓ Ideas of *underground lab, dark matter experiments* ... taking root in China ... the team got “*prepared*” !

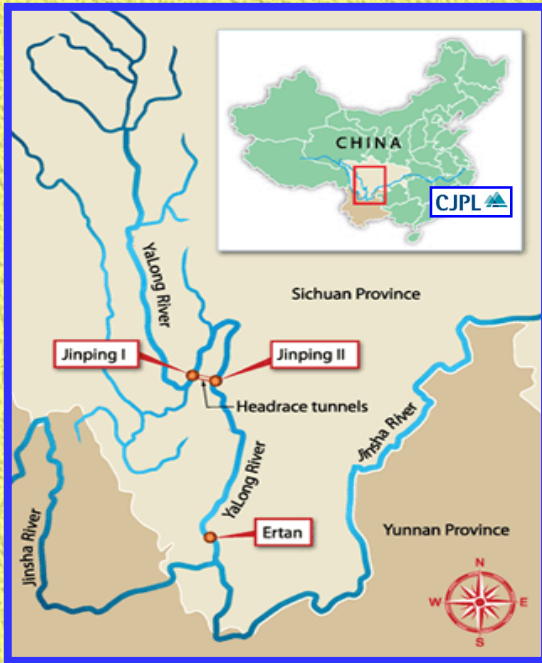
By 2008 mid-October:

[Interesting (Historical) Coincidence – Direct Flights (兩岸直航) Started July 2008]

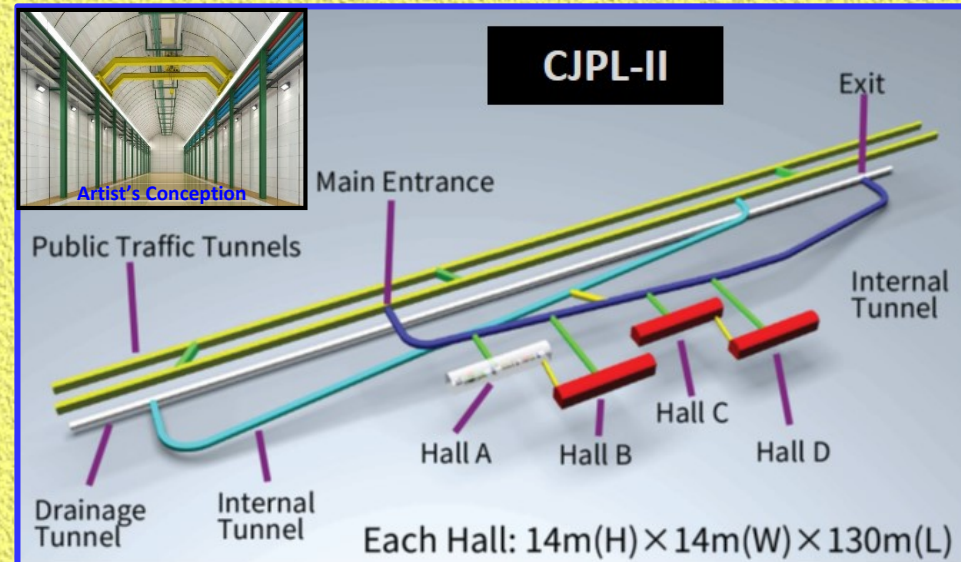
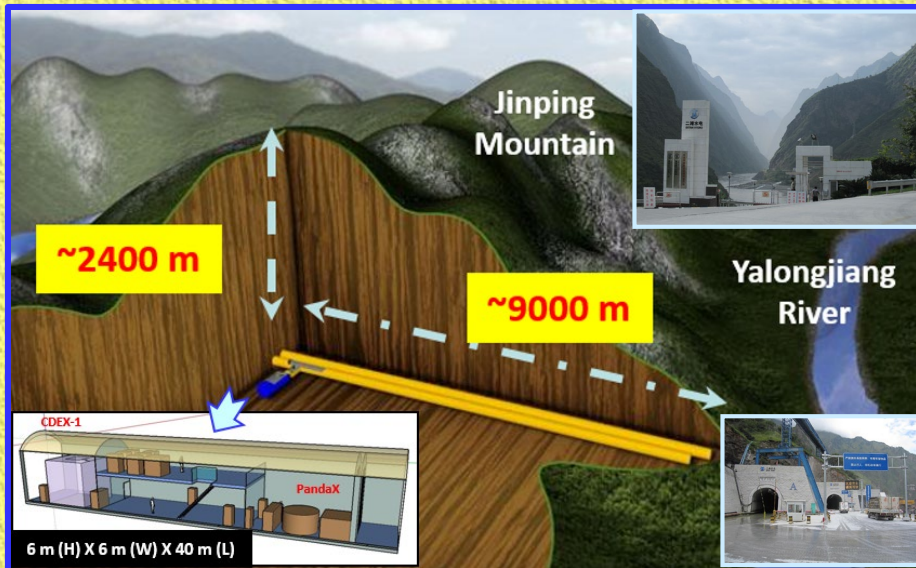
📅 My Family Affairs get “Settled”. I became restless again

📅 Learned from my THU collaborators that
“there may be an interesting possibility at Sichuan”

..... The Rest IS History .



- 👍 **Discovered** by physicists via TV news on 2008/8/8 (*Construction Tunnel completed to commemorate Beijing Summer Olymics !*)
- 👍 **Merits:** 2400+ m rock overburden ; drive-in road tunnel access ; superb supporting infrastructures
- 👍 Operated & Managed by **THU & YLRHDC**
- 👍 **CJPL-I (2010):** 6X6X40 m cavern
- 👍 **CJPL-II (2017+):** [4X(14X14X130 m) Halls]+Pits
- 👍 **The Deepest & Largest Underground Research Facility in the World**
- 👍 **National Major S&T Infrastr. Project in China.**



PARTICLE PHYSICS:

Chinese Scientists Hope to Make Deepest, Darkest Dreams Come True

Dennis Normile



Science 5 June 2009:
Vol. 324, no. 5932, pp. 1246 - 1247
DOI: 10.1126/science.324_1246

China, others dig more and deeper underground labs

From tiny to gargantuan, experiments are in the works to exploit the shielding from cosmic rays that being deep underground offers.

Physics Today September 2010

China carves out larger role in underground science

January 2015 Physics Today

As it is doing in so many areas of science, China is racing onto the world stage of underground astroparticle physics.

PHYSICS

Science V346, Nov 2014

China supersizes its underground physics lab

Planned expansion could pave way for “ultimate dark matter experiment”

The first decade



Annual Review of Nuclear and Particle Science

Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2017. 67:231-51

The China Jinping Underground Laboratory and Its Early Science

Jian-Ping Cheng,¹ Ke-Jun Kang,¹ Jian-Min Li,¹ Jin Li,¹ Yuan-Jing Li,¹ Qian Yue,¹ Zhi Zeng,¹ Yun-Hua Chen,² Shi-Yong Wu,² Xiang-Dong Ji,³ and Henry T. Wong⁴

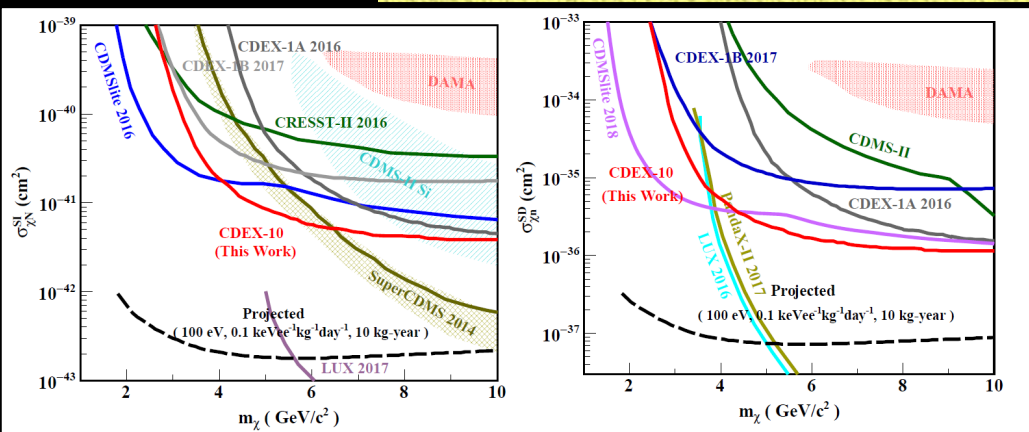
CDEX@CJPL1

- Adopt & Expand sub-keV Ge technologies from KSNL
- Competitive results on Dark Matter Light-WIMPs and Axions Searches
- Team & Expertise building for *FUTURE Projects*

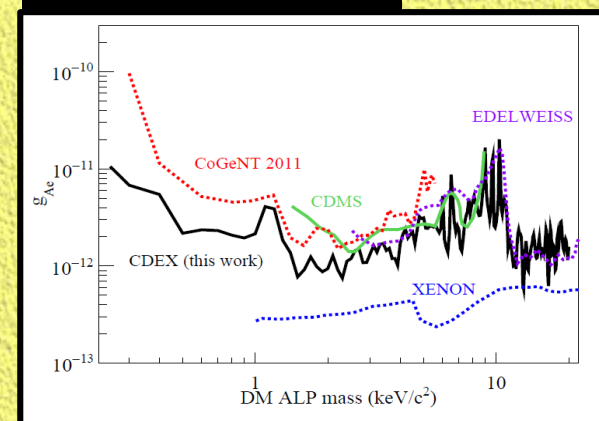
Stages	Results
CDEX-1A	<ul style="list-style-type: none"> ✓ PRD 88, 052004, 2013 ✓ PRD 90, 091701, 2014 ✓ PRD 93, 092003, 2016 ✓ PRD 95, 052006, 2017(Axion) ✓ Sci. China P.M.A. 60, 071011, 2017($0\nu\beta\beta$)
CDEX-1B	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CPC 42, 023002, 2018
CDEX-10	<ul style="list-style-type: none"> ✓ PRL120, 241301, 2018



Dark Matter WIMP Searches



Dark Matter Axions Searches



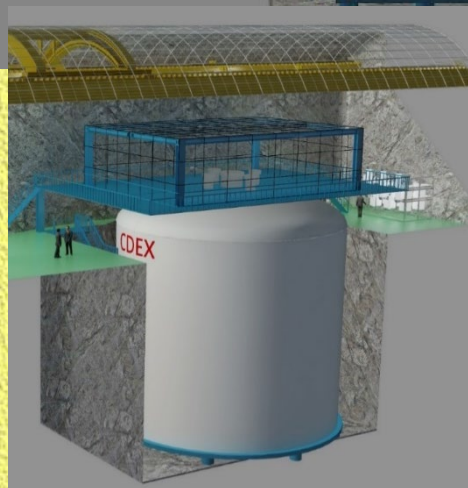
Future Prospects: CDEX-Ge1T ($0\nu\beta\beta$ +DM) Project

LEGEND-1T is a natural and excellent candidate for Ge1T@CJPL2



CJPL-II Hall-C Pit *(Foreseen)*

14m(H) × 14m(W) × 130m(L)





LEGEND 2017

✓ **Towards Ton-scale enriched-Ge76 experiment for neutrinoless double beta decay to cover the “Inverted Hierarchy”**

✓ **Main Cast : mainly GERDA, Majorana, CDEX groups [i.e. world’s expertise teams in ultra-low-background Ge-detector experiments]**

LEGEND

Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless $\beta\beta$ Decay

Mission: “The collaboration aims to develop a phased, Ge-76 based double-beta decay experimental program with discovery potential at a half-life significantly longer than 10^{27} years, using existing resources as appropriate to expedite physics results.”

Select best technologies, based on what has been learned from GERDA and the MAJORANA DEMONSTRATOR, as well as contributions from other groups and experiments.

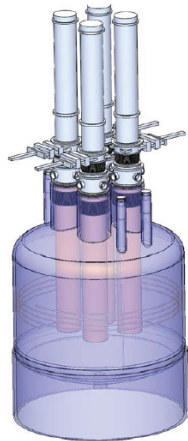
First phase:

- up to 200 kg
- modification of existing GERDA infrastructure at LNGS
- BG goal $0.6 \text{ c}/(\text{FWHM t y})$
- start by 2021



Subsequent stages:

- staged 1000 kg
- timeline connected to U.S. DOE down select process
- BG: goal $0.1 \text{ c}/(\text{FWHM t y})$
- Location: TBD
- Required depth (Ge-77m) under investigation



CDEX groups – building a case of hosting this experiment at CJPL-II

BRING



To



- ☞ If Realized, it will be a **Flagship Particle Physics Project** in Asia.
- ✘ *Summit as Challenging and Daunting/ Haunting, perhaps "Quixotic", as that We Faced 20 Years Ago!*
- ☞ Discovery of $0\nu\beta\beta$ \rightarrow Instant **Nobel Prize**



TEXONO-CDEX Family Tree

G1



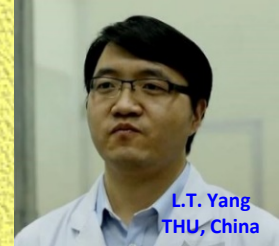
G2



G3



THU
Eng. Phys.



Retired Alumni



2014/05/17

.... Their Aspirations Become Ours !!



“STAY HUNGRY!
STAY FOOLISH!”