න්‍යෂ්ටික සදෙස

දහහතරවන කලාපය ජූනි 2022 ISSN: 2386-1096

ඇස්ටටීන් - 211 (^{211}At)

පිළිකා සෛල ඉලක්ක කර, විකිරණ ප්‍රතිකාර ලබා දෙන, ඇල්ෆා අංශු විමෝචක සමස්ථානිකය

Publisher

Sri Lanka Atomic Energy Board

No: 60/460, Baseline Road,

Orugodawatte,

Wellampitiya

For contributions & To subscribe:

Log on to: www.aeb.gov.lk

Call:+942533427 –8

Email: subscribe@aeb.gov.lk

For marketing and advertising:

Email: advertise@aeb.gov.lk

Call:+942533427-8

For more information, visit:

www.aeb.gov.lk

න්‍යෂ්ටික සඳෙස

න්‍යෂ්ටික සඳෙස

න්‍යෂ්ටික සඳෙස

Disclaimer

The views and opinions expressed by the authors are not necessarily those of Sri Lanka Atomic Energy Board, and it assumes no responsibility for the same.

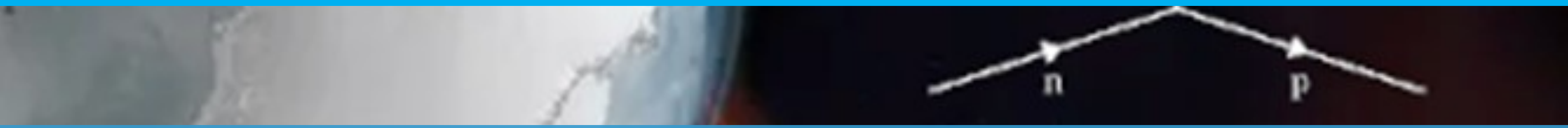
මෙහි පලවී ඇති සෑම ලිපියකින්ම එක හා සමානව ශ්‍රී ලංකා පරමාණුක බලශක්ති මණ්ඩලයේ නිල මතය නියෝජනය නොවේ. එහෙත් බොහෝ දුරට පරමාණුක ශක්ති මණ්ඩලය පිළිපදින ප්‍රතිපත්තීන් හා එකඟ වන රාමුවක් තුල මෙම සෑම ලිපියක්ම පවතින බව අවධාරණය කරමු.

Photo Credit : Priyanga Rathnayake

සුළඟක්ව හමා යමු ... අලුත් අනාගතයක් තනාගමු.....

කොවිඩ් 19 වසංගතය, අරගලය , ඉන්ධන ගැටළුව, කරන්ට් කැපිල්ල වගේ මෙකී නොකී දාහක් ගැටළු එක්ක පහුගිය අවුරුදු දෙක ගෙවිල ගියේ හරිම නීරස විදියට. හැබැයි අපි හැමදාම කිව්වේ ඉවසගෙන ඉමු, කාලයෙන් උපරිම ප්‍රයෝජන ගමු, දැනුමේ පදනම ශක්තිමත් කර ගමු කියලයි. අද අපිට අලුත් මානයක් පෙනෙන්න පටන් අරන්. ඉතිං හොඳ ඉලක්කයක් අරන් ඒ වෙත හඹා යන්න කාලය ඇවිල්ලා. ඔක්කොටම ඕනි වෙනසක්, හැමෝම ඉල්ලන්නේ වෙනසක්. ඉතිං අපි වෙනස් වෙමු, වඩාත් හොඳ ඉලක්කයන් වෙත යන්න පුළුවන් විදියට. අපි වෙනස් ගමනක් යනකොට රටත් වෙනස් තැනකට ඔසවා තබන්න අපිට පුළුවන්. න්‍යෂ්ටික තාක්ෂණය රටක දියුණුවකට අවශ්‍ය ප්‍රබල අත්වැලක්. ඒ හින්දා න්‍යෂ්ටික තාක්ෂණය උපරිමව යොදා ගනිමින් අපි අලුත් අනාගතයක් තනාගමු.

ප්‍රියංග රත්නායක



Neutrinos: Ghostly particles of the Universe

"The neutrinos where first hypothesized in the 1930's by renowned physicist Wolfgang Pauli"

Neutrinos are a type of subatomic particle which is of high importance in modern particle physics research. According to the standard model, the currently accepted explanation for the properties of elementary particles, it belongs to the type, leptonic fermions. It has no electric charge with a minute mass. Neutrinos have half integer intrinsic angular momentum, a spin ½ particle just as other fermions such as electrons, muons and tauons. Because of the infinitesimal mass, they are capable of travelling approximately at the speed of light.

The neutrinos where first hypothesized in the 1930's by renowned physicist Wolfgang Pauli, to explain the wide energy spectrum of beta particles (β) emitted during a nuclear disintegration of certain radioactive elements, known as beta emission, as shown below. Here the beta particle may be positive or negatively charged.

$$\frac{A}{Z}P \rightarrow \frac{A}{(Z \pm 1)} D + \beta^{\pm} + nothing$$

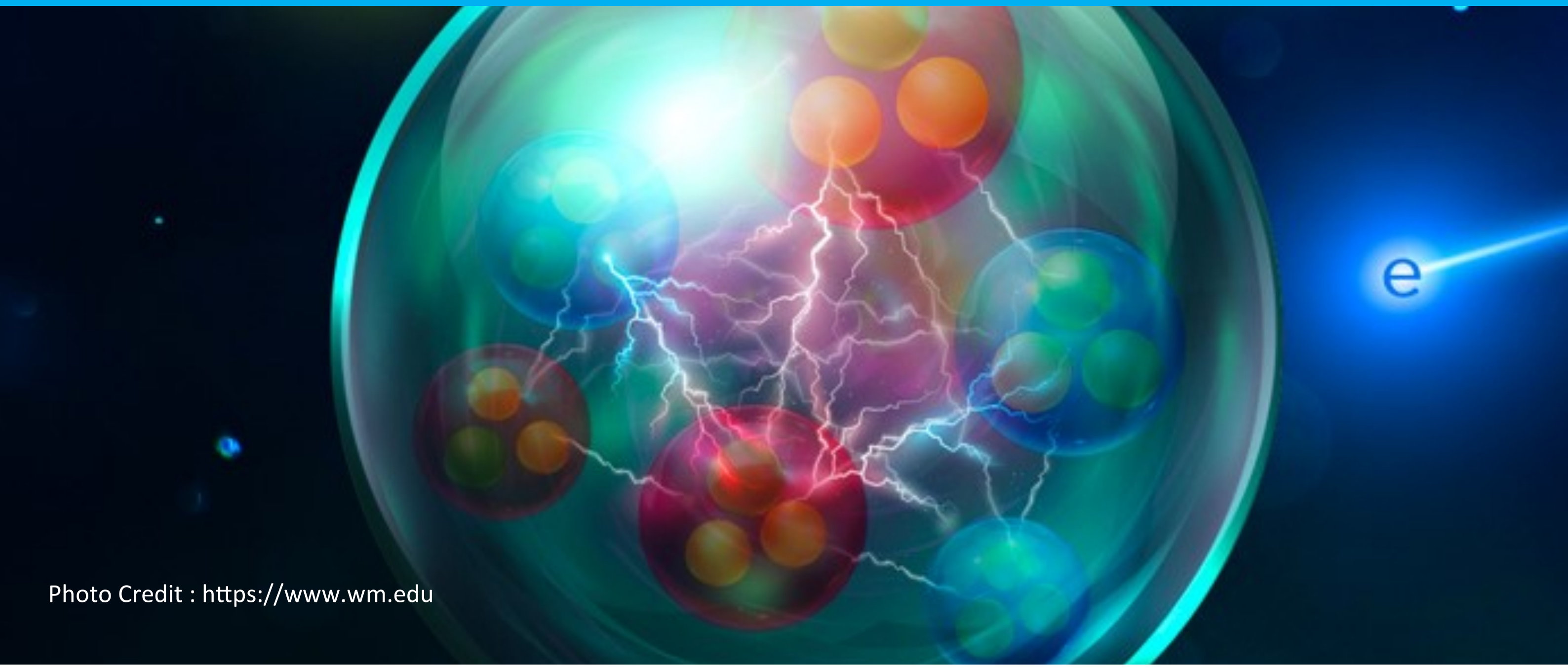


Photo Credit : https://www.wm.edu

Ever since 1920’s various experiments showed that beside of having a single energy as an alpha particle, the beta particles’ energy spread across a broad range, with a minimum energy equal to the rest energy of an electron to a maximum energy equal to the difference between the mass of the initial parent nucleus and daughter nucleus created.

This became a puzzle for many physicists, even calling that beta emission violated energy conservation. But Pauli explaining this as three-body process introduced a third particle that carries away a random amount of energy at each disintegration. It was further mentioned as very light particle that explain the minute difference in mass, and is uncharged for charge conservation and spin half to conserve momentum.

Because of being neutral and minute mass, it was known as *neutrino*. In 1956, Fred Reines and C.L Cowan discovered the neutrinos, through an experiment using a nuclear reactor at Savannah River in South Carolina as an anti-neutrino source and a detector of water with dissolved cadmium chloride. 1996 Fred Reines received the Nobel prize in physics for this discovery.

In most disintegrations the beta particle is similar to an electron and it accompanies an electron anti-neutrino. This is the most common beta emission in almost all radioactive elements found in nature as well as artificial ones. The disintegration of Potasium-40, one of the most abundant radionuclides in soil and vegetation is an example.

$$\frac{40}{19}\mathrm{K} \rightarrow \frac{40}{20}\,\mathrm{Ca} + \beta^{-} + \overline{v_e}$$

Actual electron neutrinos are emitted during positively charged beta particles, known as *positrons* are emitted. This is quit a rare case among the radioactive elements commonly found in terrestrial environments. But, Potassium-40 mentioned above, rarely disintegrates emitting a neutrino and a positron with a probability of 0.001% Into Argon-40 as in,

$$\frac{40}{19}\mathrm{K} \rightarrow \frac{40}{18}\mathrm{Ar} + \beta^{+} + v_e$$

In another disintegration mode of the same Potassium-40, where an orbital electron is captured by the nucleus to become stable an actual neutrino is emitted without any charged particle been emitted. This is called "electron capture" that has a probability of 10% in Potasium-40 is another process of neutrino production from radioactive decay, happen as in

$$\frac{40}{19}\mathrm{K} + e^{-} \rightarrow \frac{40}{18}\mathrm{Ar} + v_e$$

Furthermore, explained analytically that it is actually a proton which is converted to a neutron during positron and neutrino emission as,

$$p \rightarrow n + e^{+} + v_e$$

and, neutron been converted to a proton during beta particle and anti-neutron emission.

$$n \rightarrow p + e^{-} + \overline{v}_e$$

Since, positron emission along with neutrino emission are rare among the terrestrial radioactive elements, most of the neutrino that we experience on earth are received from the Sun and as cosmic radiation from far away stellar bodies.

Photo Credit : www.inverse.com

Neutrinos are formed, inside our Sun and stars similar to its mass, as a result of the proton-proton fusion reaction (P-P process) and rest of the chain reactions associated. The creation of deuterium from protons.

$$\mathrm{p} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{D} + e^{+} + v_{e}$$

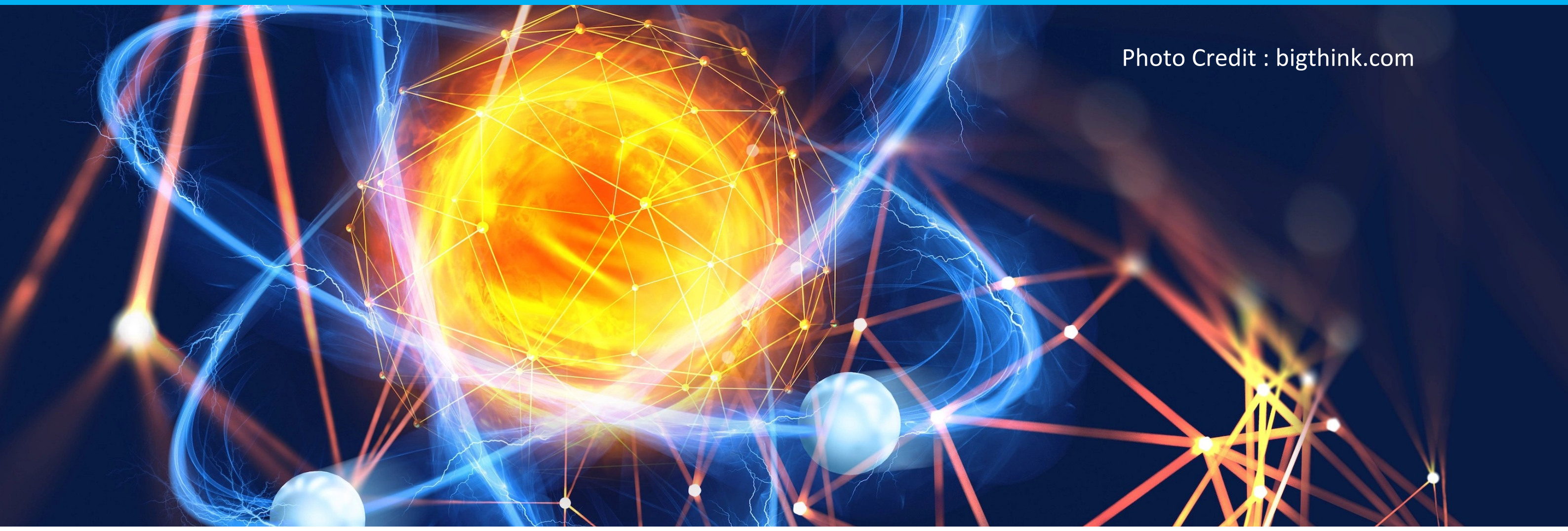
$$\frac{3}{2}\,\mathrm{He} + \mathrm{p} \rightarrow \frac{4}{2}\,\mathrm{He} + e^{+} + v_{e}$$

Neutrinos also created from Carbon-Nitrogen-Oxygen fusion cycle (CNO Cycle) which is form of fusion in massive stars several time larger than our sun.

The neutrinos are highly penetrable, that the solar neutrinos produced in the mentioned process pass right through the center of the body without interacting with matter. This is due to neutrinos being uncharged particles with minute mass and therefore interaction probability is very low in orders of 10^{-11}. The neutrino density on the earths surface is about 336 m^{-3} and it found that about 60 billon solar neutrinos pass across on square centimeter of our body per second, which makes us living almost in a “Sea of cosmogenic neutrinos”.

The neutrinos come in three flavors electron neutrino, muon neutrino and tauon neutrino each corresponds to the three basic leptons electrons, muon and the tauon. The muons and tauons are type of leptons like the electron but massive than the electron. Where the electrons rest mass in 0.511MeV/c^2 a muon has a rest mass of 105.7 MeV/ c^2 and of tauon it is 1.777 GeV/ c^2. Each flavor of neutrinos corresponds to these three leptons and therefore is created during reactions involving these leptons. The muon neutrino is generated during the decay of Pions along with the muon as

$$\pi^{+} \rightarrow \mu^{+} + v_{\mu}$$



The creation of neutrinos during nuclear interactions and reactions is best explained using the theory of "weak interaction". First introduced by Enrico Fermi, it brings out another set of particles the gauge *W+/W-* bosons and Z boson. They are massive virtual boson with mass of 80GeV that connects the initial nucleons (proton, neutron) with the final nucleons, electron or positron and corresponding neutrino or anti-neutrino. According to this theory, first a W boson is created virtually out of thin air at the proximity of the nucleon, which carries away the excess energy of it and finally the W boson decays to the corresponding beta particle and neutrino pair, in the following way. The Z boson is responsible for neutrino scattering from nucleons and particles such as electrons.

Another remarkable phenomenon associated with the three flavors of the neutrinos is the *neutrino flavor oscillation*. It is the effect expressed by a neutrino that keeps changing its flavor from electron neutrino, muon neutrino and tauon neutrino in a cyclic manner through time during its flight since it was created. First, predicted by Bruno Pontecorvo, this strange behavior can only be explained if a neutrino just as quark particles is not in single particle state but a quantum superposition of the states that corresponds to the masses of the three neutron flavors electron, muon and tauon neutrino. If mass of the neutrino is taken as quantum state it can be written,

$$\begin{pmatrix} v_e \\ v_\mu \\ v_\tau \end{pmatrix} = U^{PMNS} . \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$$

Here the U^{PMNS} is the Pontecorvo–Maki–Nakagawa–Sakata matrix. According to this, an electron neutrino detected at one position in space can be detected as muon neutrino, or tauon neutrino at a far distant point.

Neutrinos are responsible of another phenomenon called "inverse beta emission" in which a neutrino spontaneously creates its corresponding lepton particle upon nuclear interactions with nucleons, neutron or proton. It is given by $v_e + n \rightarrow p + e^-$ and $\overline{v}_e + p \rightarrow n + e^+$. The combined effect of this with neutrino oscillation results a beta particle detected at one point in turn be detected as a muon or a tauon at another distance point in space.

A hypothetical phenomenon called "neutrino-less double beta decay" in which radioactive nuclei decay by emitting two beta particles simultaneously without a neutrino, also suggest that a neutrino is the same as its anti-neutrino. Such particles are called "Majorana particles. In this case the neutrinos created by two successive beta emission are cancelled as result of the particle-anti-particle annihilation. This effect is still not observed.

Detection of neutrino is tedious task and also a great challenge for the scientist, as neutrinos unlike other particles, has a very low interaction probability with matter. Detection of a subatomic particle requires it to interact with the electrons of materials to produce electrical or light signals, and this cannot be directly achieved for neutrinos. The only way to accomplish this are the nuclear interactions of neutrinos such as inverse beta emission that produces secondary particles such as electron, protons or neutrons, that indicates the neutrinos. This was the method used by Reines in its first discovery in a nuclear reactor through secondary positron emission that also result in neutrons captured in cadmium chloride solution to produce gamma photons. These are called scintillation type neutron detectors. Modern detector uses very large water masses consisting Ultra-pure water (UPW). In such detectors, neutrinos create leptons that travel in near light speeds that in turn result in "Cherenkov radiation".

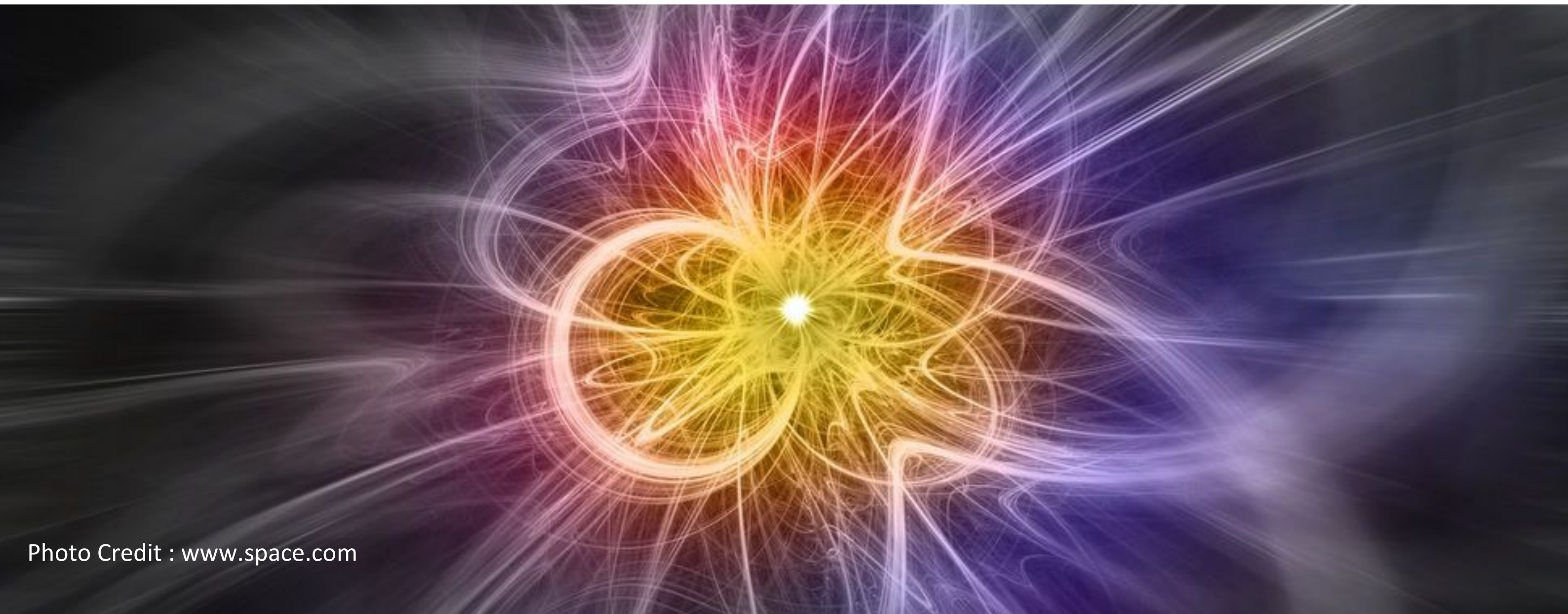


Photo Credit : www.space.com

These visible to UV secondary radiation pulses are identified with neutrino interactions. But still complex signal processing and statistical methods are required to exactly filter out the neutrino pulses, since signals may be produced by other terrestrial and cosmic particles. This requires coincidence matching for differentiation. Such detectors include *Super Kamiokande* detector in Japan, *Irvine–Michigan–Brookhaven* detector in USA. The *Antarctic Muon And Neutrino Detector Array (AMANDA)* and the *IceCube neutrino observatory* uses large glacier in Antarctica as neutrino detectors by mounting photomultiplier tubes beneath. All these projects expect to detect neutrinos from the sun and the far away cosmic revealing detailed information about the universe.

Mr. Poshitha Dabare works as a Scientific Officer of Life Sciences Division of Sri Lanka Atomic Energy Board. He contribute himself to the promotion of peaceful applications of Nuclear Science and Technology among general public in Sri Lanka.

poshitha@aeb.gov.lk

Reference:

INTRODUCTION TO NEUTRINO PHYSICS, Paolo Lipari, Dipartimento di Fisica, Universit`a di Roma, Italy.

AMANDA's First Six Years. https://phys.org/news/2008-02-amanda-years.html

Photo Credit : engineering.tamu.edu/

ඇස්ටටීන් - 211 (^{211}At)

පිළිකා සෛල ඉලක්ක කර, විකිරණ ප්‍රතිකාර ලබා දෙන, ඇල්ෆා අංශු විමෝචක සමස්ථානිකය

> “විශේෂයෙන් ම, පිළිකා රෝගයට ප්‍රතිකාර කිරීම සඳහා පසුගිය සියවස පුරා ඇල්ෆා අංශු (α), බීටා අංශු(β), හෝ Auger ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය කරන සමස්ථානික යොදා ගැනීම සැලකිය යුතු ලෙස පුළුල් වී ඇත. ”

පිළිකා සෛල සඳහා ප්‍රතිකාර කිරීමේ දී භාවිතා කරන විකිරණ ප්‍රතිකාර මගින් නිරෝගී සෛල වලට ද හානි වීම, ලොව පුරා පිළිකා රෝගීන් මුහුණ දෙන ප්‍රධානතම ගැටළුවකි. මේ නිසා පිළිකා රෝගය සුව වුවද, වෙනත් අතුරු අබාධ වලට පසු කාලීනව මුහුණ පෑමට රෝගීන්ට සිදු වේ. මෙම ගැටළු අවම කර ගැනීම උදෙසා පිළිකා සෛල සඳහා ඉල්ලක කර, විකිරණ ප්‍රතිකාර ලබාදීම පිළිබඳව පර්යේෂකයින්ගේ අවධානය යොමු වී ඇත.

විශේෂයෙන් ම, පිළිකා රෝගයට ප්‍රතිකාර කිරීම සඳහා පසුගිය සියවස පුරා ඇල්ෆා අංශු (α), බීටා අංශු(β), හෝ Auger ඉලෙක්ට්‍රෝන විමෝචනය කරන සමස්ථානික යොදා ගැනීම සැලකිය යුතු ලෙස පුළුල් වී ඇත. ඉහළ චිකිත්සක කාර්යක්ෂමතාවක් (therapeutic efficacy) ලබා ගැනීම සඳහා, ප්‍රතිකාර කිරීම ට යොදා ගන්නා කිරණ වර්ගය තෝරා ගැනීමේදී මූලික වශයෙන් වැදගත් කරුණු කිහිපයක් පිළිබඳව සැලකිලිමත් වේ. ප්‍රධාන වශයෙන් පිළිකා ගැටිත්තෙහි (tumor) විශාලත්වය, විකිරණ ක්ෂය වීමේ මාර්ගය (decay pathway), ඵලදායී පරාසය (effective range), විකිරණ සංවේදීතාව (radiosensitivity), ජීව විද්‍යාත්මක කාර්යක්ෂමතාව (biological effectiveness) ඒ අතර වේ.

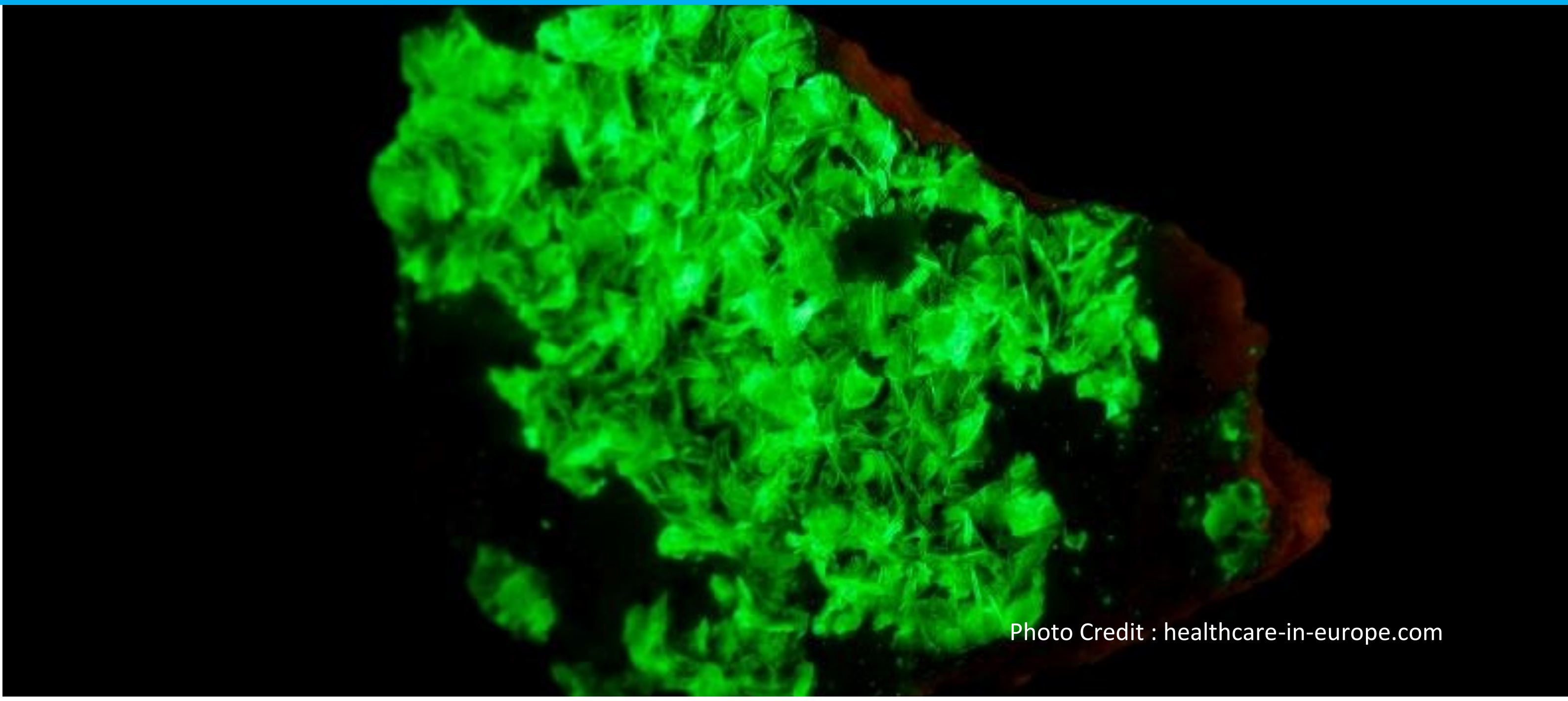


Photo Credit : healthcare-in-europe.com

මධ්‍යම ප්‍රමාණයේ සිට විශාල ප්‍රමාණයේ පිළිකා ගැටිති (tumors) සඳහා බීටා (β) විකිරණ නිකුත් කරන විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය මගින් ප්‍රතිකාර කිරීමේදී ඉතා ඉහල කාර්යක්ෂමතාවක් ලබා දෙනු ලබයි. මක්නිසාද යත්, දිගම අංශු මාර්ග ආයාමය (≤12 mm) සහ අඩුම රේඛීය බලශක්ති හුවමාරුවක් (Linear Energy Transmission-LET) (~0.2 keV/μm) β විකිරණ නිකුත් කරන විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍ය සඳහා ඇති බැවිණි. නමුත් බීටා (β) විකිරණ නිකුත් කරන විකිරණශීලී මූලද්‍රව්‍යයන් හි දිගම අංශු මාර්ග ආයාමය, විෂමජාතිය පිළිකා ගැටිති (heterogeneous tumors) සඳහා වාසිදායක වුවද, ඒ මගින් එය වටා ඇති නිරෝගී පටක වලට හානි කිරීමේ හැකියාව වැඩිය. එමෙන්ම Auger ඉලෙක්ට්‍රෝන භාවිතා කර ප්‍රතිකාර කිරීමේදී, වැඩි රේඛීය බලශක්ති හුවමාරුවක් (LET) (4–26 keV/μm) හා පුළුල් අංශු මාර්ග ආයාමයක් (2–500 nm) ඇති නිසා Auger ඉලෙක්ට්‍රෝන වල ක්‍රියාකාරිත්වය බොහෝවිට එක් සෛලයකට පමණක් සීමා වේ.

ඇල්ෆා අංශු (α) වල තරංග ආයාමය 50–100 nm පමණ වන බැවින් හා ඉතා ඉහල රේඛීය බලශක්ති හුවමාරුව (LET) (80 keV/μm) ක් ඇති බැවින් ඇල්ෆා අංශු (α), ඉතා කුඩා neoplasms හෝ micro metastases වර්ගයේ පිළිකා සඳහා ප්‍රතිකාර කිරිමට වඩා යෝග්‍ය වේ. (Micro metastases යනු කුඩා පිළිකා සෛල එකතුවක් වන අතර ඒවා රුධිරය හෝ වසා ගැටිති හරහා ශරීරයේ වෙනත් කොටසකට පැතිරී යාමේ හැකියාවක් ඇත. Neoplasms ශරීරයේ සෛල හෝ පටක වල පාලනයකින් තොරව, අසාමාන්‍ය ලෙස වර්ධන වන සෛල හෝ පටක වේ). මේ නිසා දැනට ලොවපුරා සිදු කරන බොහෝ විද්‍යාත්මක පර්යේෂණ මගින්, ඉලක්ක කර කරන α-විකිරණ චිකිත්සාවන් පිලිබඳ වැඩි අවධානයක් යොමු වී ඇත.

දැනට ඇල්ෆා අංශු නිකුත් කරන සමස්ථානික 400ක් පමණ සොයාගෙන ඇත. නමුත් එයින් ඉතා සීමිත ප්‍රමාණයක පමණක්, ප්‍රතිකාර සඳහා යොදා ගැනීමට සපුරාලිය යුතු සුදුසුකම් වන කුඩා අර්ධ ජීව කාලයක් තිබීම, දිගු කාලයක් නොපවතින හා ශරීරයට අහිතකර දෘහිතෘ සමස්ථානික නොමැතිවීම හා නිෂ්පාදනය

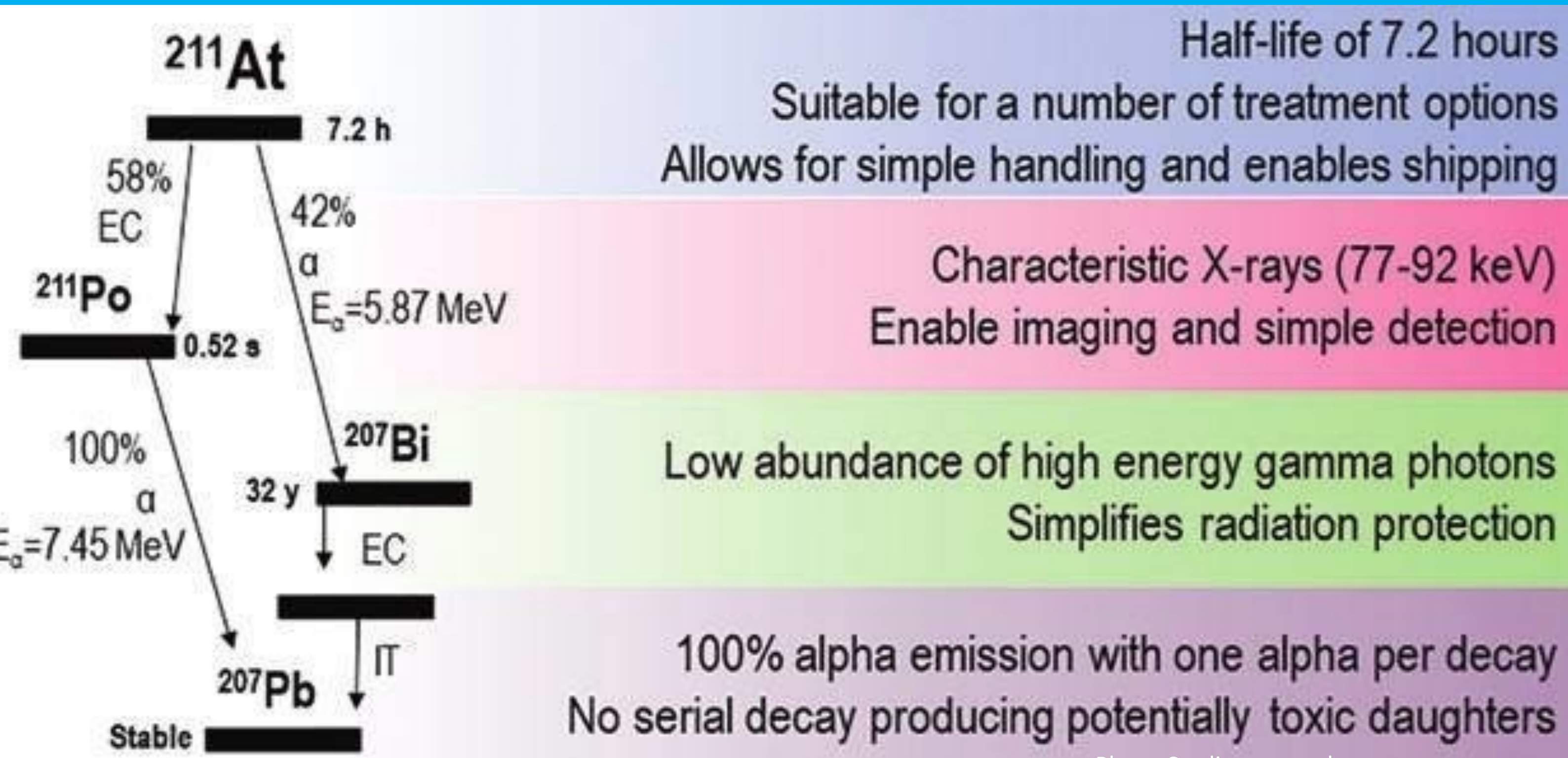


Photo Credit : researchgate.net

කිරීමේ පහසුව යන ලක්ෂණ දක්නට ලැබේ. මෙකී ලක්ෂණ සියල්ලම, ඇල්ෆා අංශු නිකුත් කරන සමස්ථානිකයක් වන Astatine-211(^{211}At) තුල ඇත. ^{211}At සමස්ථානිකය සයික්ලෝට්‍රෝනයක් තුල සාපේක්ෂව ලාභදායී ලෙස නිෂ්පාදනය කළ හැක.

"බිස්මත් මූලද්‍රව්‍යය (Bi) මතට ඇල්ෆා අංශු මගින් පහරදීමෙන්, කැලිෆෝනියා විශ්ව විද්‍යාලයේදී (University of California, Berkeley) මුල් වරට 211At සමස්ථානිකය නිෂ්පාදනය කරන ලදී"

මුලින් "eka-iodine" ලෙස නම් කරන ඇස්ටටීන්, 1940 දී එක්සත් ජනපදයේ දී ප්‍රථම වරට සොයා ගන්නා ලදී. බිස්මත් මූලද්‍රව්‍යය (Bi) මතට ඇල්ෆා අංශු මගින් පහරදීමෙන්, කැලිෆෝනියා විශ්ව විද්‍යාලයේදී (University of California, Berkeley) මුල් වරට ^{211}At සමස්ථානිකය නිෂ්පාදනය කරන ලදී. ^{211}At හි අර්ධ ජීව කාලය පැය 7.21ක් වනඅතර එය ඇල්ෆා අංශු නිකුත් කරමින් බිස්මත්-207 (^{207}Bi) බවට හෝ ඉලෙක්ට්‍රෝන ග්‍රහණය (electron capture -EC) මගින් පොලෝනියම්-211 (^{211}Po) බවට ක්ෂය වීම සිදු වේ. (ඉලෙක්ට්‍රෝන ග්‍රහණය (EC) යනු පරමාණුවක න්‍යෂ්ටිය මගින්, එහි K හෝ L කවචයේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් අවශෝෂණය කිරීම නිසා දෘහිතෘ මූලද්‍රව්‍යයක් බවට පත් වෙමින් විකිරණයක් නිකුත් වීමේ ක්‍රියාවලියයි).^{211}Po ඉතා වේගයෙන් ඇල්ෆා අංශු නිකුත් කරමින් ස්ථායි සමස්ථානිකයක් වන ලෙඩ්-207 (^{207}Pb) බවටපරිවර්තනය වේ.

මෙම කුමන මාර්ගය තුලින් ^{211}At ක්ෂය වීම සිදු වුවද, නිකුත් වන්නේ එක් ඇල්ෆා අංශුවක් පමණි. තවද, ^{211}Po ක්ෂය වීමේදී 70-90 keV පරාසයක ලාක්ෂණික X කිරණයක් නිකුත් වේ.

Photo Credit : cerncourier.com

මෙය γ කැමරාවකින් රූපගත කළ හැකි පරාසයක පවතින බැවින් පහසුවෙන් නිරීක්ෂණය කල හැකි වේ. එය පහත රූපයේ පැහැදිලිව දක්වා ඇත.

^{211}At අඩංගු විකිරණශීලී ඖෂධ නිෂ්පාදනය, ප්‍රධාන වශයෙන් පියවර දෙකකට බෙදා දැක්විය හැකි අතර, පළමුව සයික්ලෝට්‍රෝනයක් මගින් නිෂ්පාදනයද, දෙවනුව රසායනිකව ^{211}At වෙන් කර, ^{211}At අඩංගු විකිරණශීලී ඖෂධ සංශ්ලේෂණය සිදු කරනු ලබයි. ^{211}At අඩංගු විකිරණශීලී ඖෂධ සංස්ලේෂණය ස්වයංක්‍රීයව සිදු කල හැක.

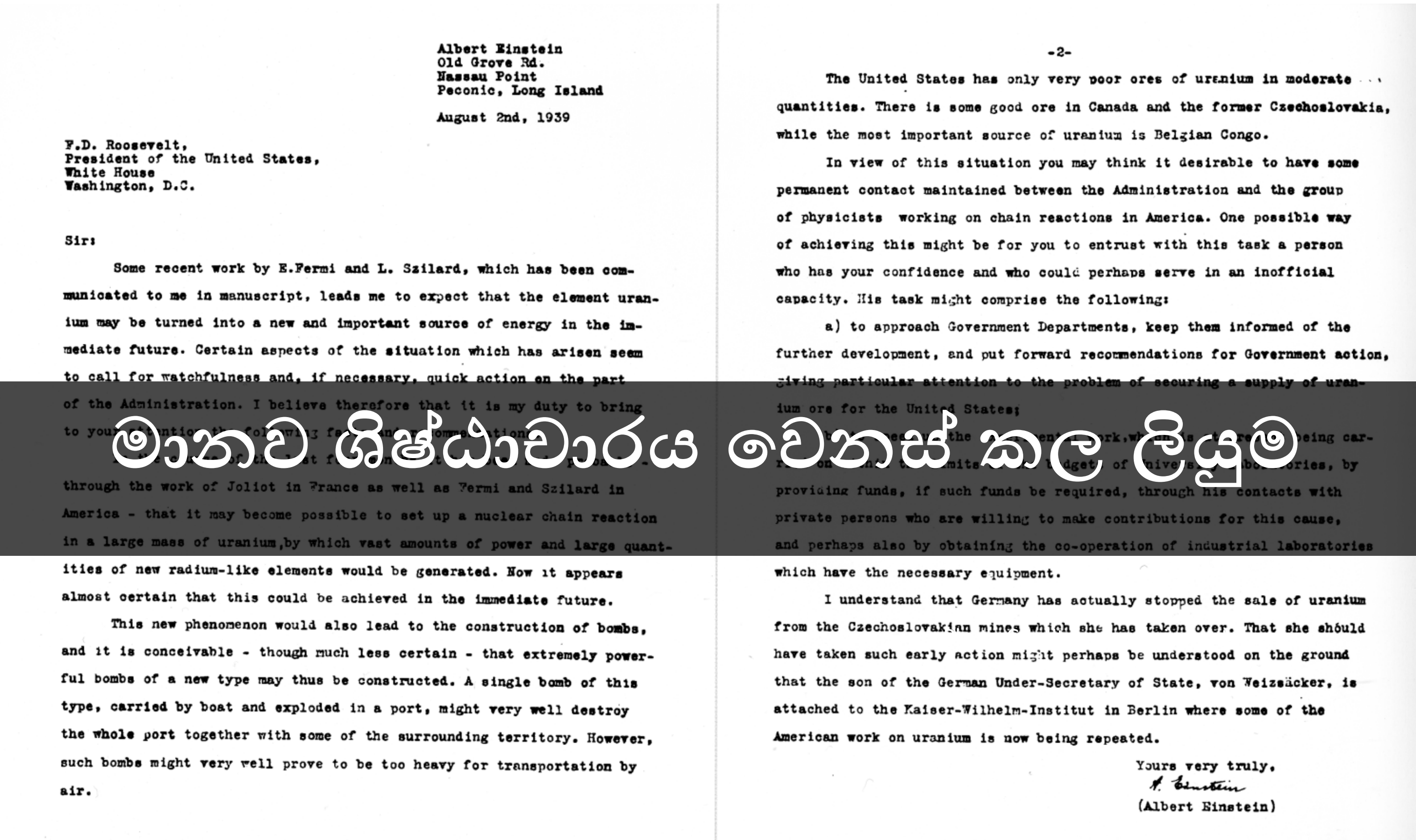
අප ඉහත සඳහන් කල පරිදි දැනට භාවිත කරන එකම ඉලක්ක කර අවශ්‍ය පටකය සඳහා ප්‍රතිකාර කිරීමට හැකි වීම ^{211}At අඩංගු විකිරණශීලී ඖෂධ කෙරෙහි පර්යේෂකයන්ගේ විශේෂ අවධානයක් යොමු වීමට හේතුව වේ. ඒ මගින් නිරෝගී පටක සඳහා වන හානිය ශල්‍යකර්ම, බාහිර විකිරණ ප්‍රතිකාර, සහ රසායනික චිකිත්සාව වැනි ප්‍රාථමික ප්‍රතිකාර වලට සාපේක්ෂව අවම වේ.

ස්වීඩනයේ ගොතන්බර්ග්හිදී (Gothenburg) ඩිම්බකෝෂයේ පිළිකා සහිත රෝගීන් 12 දෙනෙකුට ^{211}At භාවිතා කර සිදු කරන ලද සායනික අධ්‍යයනයකදී එමගින් අතුරු ආබාධ ඇති නොවන බව තහවුරු කර ඇත. දැනට ලොව පුරා විවිධ රට වල මේ පිළිබඳ අධ්‍යනයන් සිදු කරන අතර ජපානයේ ද මේ පිළිබද විශේෂ අධ්‍යයනයක් සිදු කරනු ලබයි. මෙම අධ්‍යන මගින් මෙන්ම, සයික්ලෝට්‍රෝන තුල නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය ස්ථාපනය හා පහසු සංස්ලේෂක ක්‍රම ස්ථාපිත කිරීම මගින් මෙම ^{211}At මගින් කෙරෙන ප්‍රතිකාර පුළුල් කර පිළිකා සඳහා කෙරෙන විකිරණ ප්‍රතිකාර වල කාර්යක්ෂමතාවය වැඩි කල හැකි වේ.

මෙම ලිපියේ සම්පාදක දුලාංජලී රාජපක්ෂ මෙනවිය ශ්‍රී ලංකා පරමාණුක බලශක්ති මණ්ඩලයේ ජෛව විද්‍යා අංශයේ විද්‍යාත්මක නිලධාරිණියක ලෙස සේවය කරන අතර ශ්‍රී ලංකාව තුල cyclotron යන්ත්‍රයක් ස්ථාපනය කිරීම සඳහා වන ව්‍යාපෘතියේ කැපී පෙනෙන කාර්‍යභාරයක් ඉටු කරයි.

dulanjalee @aeb.gov.lk

Source: Lindegren, S., Albertsson, P., Bäck, T., Jensen, H., Palm, S., & Aneheim, E. (2020). Realizing Clinical Trials with Astatine-211: The Chemistry Infrastructure. Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals, 35 (No 6), 425–436. doi: https://doi.org/10.1089/cbr.2019.3055



Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E.Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your [illegible] through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium,by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an inofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

[illegible] providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
A. Einstein
(Albert Einstein)

මානව ශිෂ්ඨාචාරය වෙනස් කල ලියුම

පරමාණුක බෝම්බය කවුරුත් දන්න කියන විනාශකාරී අවියක්. මෙහි ආරම්භය පිළිබඳ විමසන ඕනෑ ම අයෙකුට මතකයට නැගෙන්නේ ඇමරිකාව විසින් දෙවන ලෝක යුද්ධයේ දී හිරෝෂිමා, නාගසාකි වලට පහර දීමට යොදා ගන්නා ලද බෝම්බය. එයින් වුණු විනාශය අදත් මිනිස්සුගේ හිත් වල ගැඹුරේම නිදන් වී පවතී. මේ නිසාම න්‍යෂ්ටික තාක්ෂණය ගැනත් මිනිසුන් තුල තියෙන්නේ කලු අදහසක්. මේ භයානක අවියේ බිහිවීම පිටුපස තියෙන්නේ එක් ලියුමක් කියලා ඔබ සමහර විට දන්නේ නැතිව ඇති.

1939, අගොස්තු 02 වැනිදා අමෙරිකානු ජනාධිපති ෆ්රැන්ක්ලින් ඩී. රූස්වෙල්ට් මහතා වෙත ඇල්බට් අයින්ස්ටයින්ගේ අත්සනින් යැවුණු මෙම ලියුම ලියන ලද්දේ ලියෝ සිලාර්ඩ් විසින්. මෙම ලිපිය ලිවීමේදී සිලාර්ඩ් හට ඔහුගේ සගයෙක් වුනු එඩ්වර්ඩ් ටෙලර් හා ඉයුජින් වැග්නර් යන හංගේරියානු භෞතික විද්‍යාඥයන් දෙදෙනාගේ සහාය ලැබුණි. මෙම ලිපියේ මූලික අරමුණු වුනේ ජර්මානුවන්ට පරමාණුක බෝම්බයක් නිපදවීමේ හැකියාව පවතින බවට අනතුරු ඇඟවීමක් සිදු කිරීමත්, අමෙරිකාව ඔවුනට වඩා ඉක්මන් විය යුතු බව අවධාරණය කිරීමයි. මෙම ලිපියට ජනාධිපති රූස්වෙල්ට් හොඳින් ප්‍රතිචාර දැක්වූ අතර එහි ප්‍රතිඵලය වුයේ මැන් හැටන් ව්‍යාපෘතිය හරහා පරමාණුක බෝම්බ නිෂ්පාදනය කිරීමයි.

1938 සොයාගනු ලැබූ යුරේනියම් විඛණ්ඩනය, 1939 ජනවාරි 6 වන දින ඔටෝ හාන් හා ෆ්‍රිට්ස් ස්ට්‍රස්මන් විසින් *Die Naturwissenschaften* විද්‍යා ජර්නලයේ ප්‍රකාශයක් ලෙස එළි දක්වන ලදී. මෙය සැබෑ න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය ලෙස විස්තර කරමින්, 1939 පෙබරවාරි 11 වන දින Nature සඟරාවට ලිසේ මෙයිට්නර් විසින් ප්‍රකාශනයක් යොමු කරන ලද නිසාවෙන් ලොව පුරා භෞතික විද්‍යාඥයන්ගේ අවධානය දිනා ගැනීමට සමත් විය. තවද මෙම සොයා ගැනීම සම්බන්ධව තොරතුරු ඩෙන්මාර්ක්, විද්‍යාඥ නීල්ස් බෝර් විසින් අමෙරිකාවට ගෙන ඒන ආවේ පස්වන ටොරිංටන් සෛද්ධාන්තිකව භෞතික විද්‍යා සම්මේලනයට, 1939 ජනවාරි 26 වන දින එන්රිකෝ ෆර්මි, සමඟ ප්‍රධාන ආරාධිතයකු ලෙස සහභාගී වෙමිණි. මෙම තොරතුරු ප්‍රායෝගික භෞතික විද්‍යාඥයන් විසින් කෙටි කලක් තුළ තහවුරු කරනු ලැබුවා. එහිදී කොලොම්බියා විශ්ව විද්‍යාලයේ පර්යේෂකයන් වන එන්රිකෝ ෆර්මි හා R ඩනින්ග් වැදගත් මෙහෙවරක් ඉටු කළහ.

හංගේරියානු ජාතික භෞතික විද්‍යාඥකු වූ ලියෝ සිලාර්ඩ් ජර්මනියේදී සිය අධ්‍යාපන කටයුතු හමාර කර එහිම සේවය කරමින් සිටියා. 1933 දී ජර්මනිය තුල ඇතිවූ යුදෙව් විරෝධයට බියෙන් ලන්ඩන් බලා පලාගිය සිලාර්ඩ්, හිටලර් ගේ ඒකාධිපතිවාදය නවත්වාලිය හැකි ක්‍රමයක් ගැන සිතමින් පසුවුණා. 1913 දී H.G වේල්ස් ලියූ World Set Free නම් පොත කියවූ සිලාර්ඩ් එහි සඳහන් "පරමාණුක බෝම්බය" නිර්මාණය කිරීමට සිත යෙදවීය. රදර්ෆඩ් ඇතුළු කණ්ඩායම පසු පස යමින් රේඛීය ත්වරකයක් යොදාගෙන යුරේනියම් විඛන්ඩනය

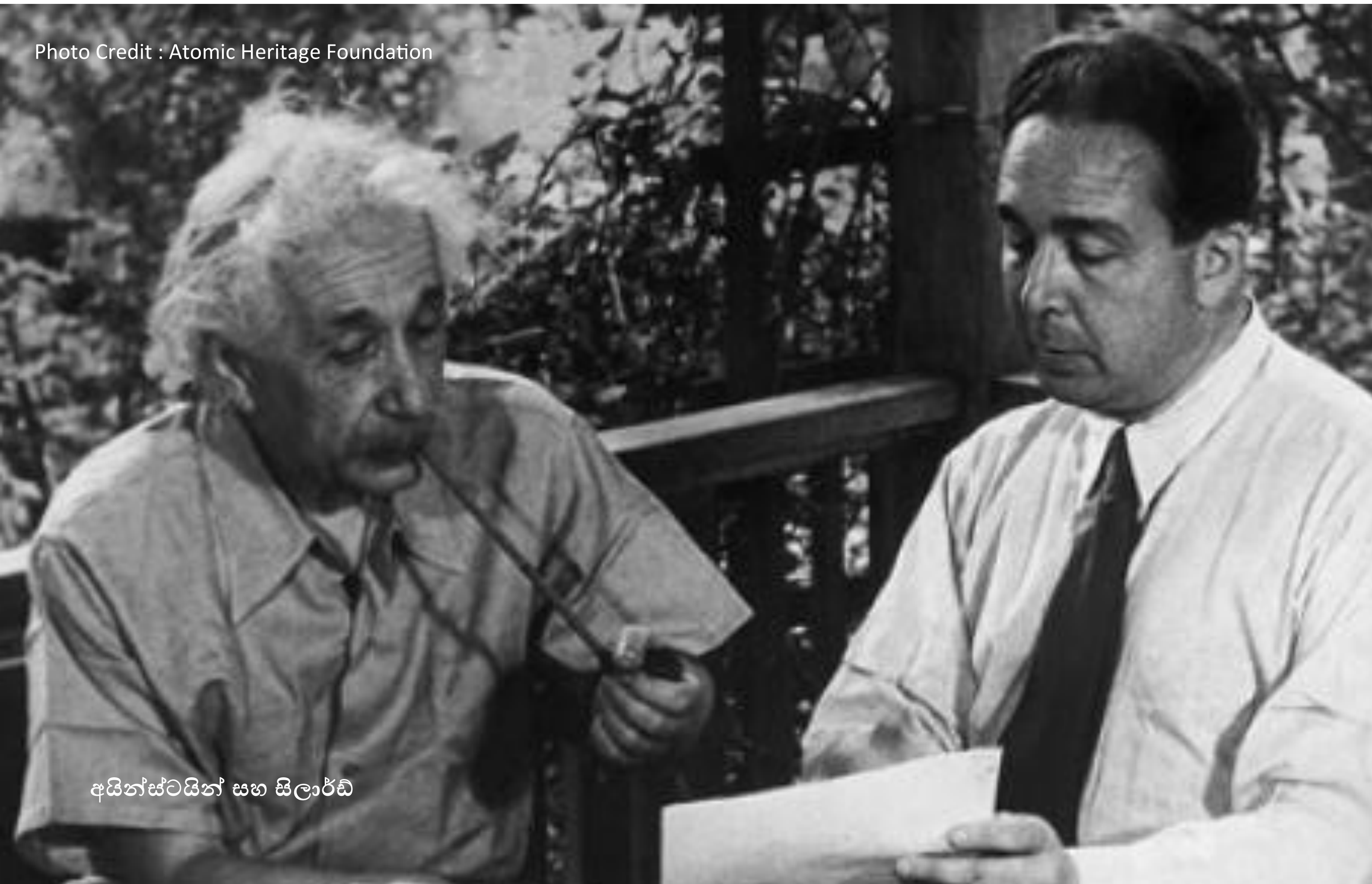


Photo Credit : Atomic Heritage Foundation

අයින්ස්ටයින් සහ සිලාර්ඩ්

ෆ්රැන්ක්ලින් ඩී. රූස්වෙල්ට්

Photo Credit : Encyclopedia Britannica

මගින් පරමාණු බෝම්බය නිපදවීමට තැත් කරමින් සිටි සිලාර්ඩ් හට ඔටෝ හාන් ගේ සොයාගැනීම පිළිබඳව දැනගන්නට ලැබුණි. ඔටෝ හාන් හා ෆ්‍රිට්ස් ස්ට්‍රස්මාන් ඉදිරිපත් කල මෙම න්‍යුටෝනයක් මඟින් පහර දී ස්කන්ධයෙන් වැඩි පරමාණුවක් විඛණ්ඩනයෙන් ඇති කරනු ලබන දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් මඟින් ඉතා අධික ශක්තියක් නිෂ්පාදනය කර ගත හැකි බවත්, එමඟින් විදුලි බල උත්පාදනය හෝ අධි බල බෝම්බයක් නිෂ්පාදනය කර ගත හැකි බවත් සිලාර්ඩ් වටහා ගත්තා ලදී.

කොලම්බියා විශ්ව විද්‍යාලයේ දී ස්වභාවික යුරේනියම් වලින් න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් තැනීමට Szilard, ෆර්මි සමඟ එකතු විය. ස්වාභාවික යුරේනියම් වලින් සියයට එකකට වඩා අඩුවෙන් සමන්විත යුරේනියම්-235 මගින් විඛණ්ඩන සිදුවන්නේද , නැතහොත් ෆර්මි විසින් පවත්වාගෙන යන පරිදි බහුලව පවතින යුරේනියම්-238 සමස්ථානිකය මගින්ද යන්න පිළිබඳව මතභේදයක් ඇති විය. ෆර්මි සහ සිලාර්ඩ් අත්හදා බැලීම් මාලාවක් සිදු කළ අතර ඔවුන්ට සුදුසු නියුට්‍රෝන මන්දනය කරන මාධ්‍යක් සොයාගත හැකි නම් ස්වභාවික යුරේනියම් වල දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් සිදුවිය හැකි බව නිගමනය කළහ. ජලයේ ඇති හයිඩ්‍රජන් පරමාණු නියුට්‍රෝන මන්දගාමී කරන නමුත් ඒවා ග්‍රහණය කර ගැනීමට නැඹුරු වන බව ඔවුන් සොයා ගත්හ. සිලාර්ඩ් පසුව මේ සඳහා කාබන් භාවිතා කිරීමට යෝජනා කළේය. එවන් ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් නිර්මාණය කිරීම සඳහා ඔවුන්ට කාබන් සහ යුරේනියම් විශාල ප්‍රමාණයක් අවශ්‍ය විය. ද්‍රව්‍ය ලබා ගත හැකි නම් ඔවුන් සාර්ථක වනු ඇති බව සිලාර්ඩ් ට ඒත්තු ගියේය. ජර්මානු විද්‍යාඥයන් ද මෙම අත්හදාබැලීමට උත්සාහ කළ හැකි බවට සිලාර්ඩ් තුල කනස්සල්ලක් ඇති විය.

ජර්මානු න්‍යෂ්ටික භෞතික විද්‍යාඥ වූ සෙයිග්ෆ්‍රයිඩ් ෆ්ලුග් (Siegfried Flügge) 1939 දී න්‍යෂ්ටික ශක්තිය නිදහස් කර ගැනීම පිළිබඳ බලගතු ලිපි දෙකක් ප්‍රකාශයට පත් කළේය. මේ පිළිබඳව හංගේරියානු භෞතික විද්‍යාඥ ඉයුජින් වැග්නර් සමඟ සාකච්ඡා කිරීමෙන් අනතුරුව, සියෝ සිලාර්ඩ් තීරණය කලේ බෙල්ජියම් වැසියන්ට අනතුරු ඇඟවීමටයි. ඒ සඳහා හේතු වුයේ බෙල්ජියම් කොංගෝව යුරේනියම් ලෝපස් සඳහා හොඳම ප්‍රභවය වූ නිසාවෙනි. නමුත් වැග්නර් හෝ සිලාර්ඩ් බෙල්ජියම් රජයේ ඉහළ නිලධාරීන් නොහඳුනන නිසා මේ සඳහා සුදුසු පුද්ගලයෙකු යොදවා ගැනීම අවශ්‍ය විය. වැග්නර් යෝජනා කළේ ඇල්බට් අයින්ස්ටයින් බෙල්ජියම් රාජකීය පවුල දන්නා නිසා මෙය කිරීමට සුදුසු පුද්ගලයා ඔහු බවයි. සිලාර්ඩ් අයින්ස්ටයින්ව හොඳින් දැන සිටියේය. ඒ 1926 සහ 1930 කාලය අතර ඔහු අයින්ස්ටයින් සමඟ එක්ව අයින්ස්ටයින් ශීතකරණයක් නිපදවූ නිසාවෙනි.

1939 ජුලි 12 දින සිලාර්ඩ් සහ වැග්නර් අයින්ස්ටයින් නැවතී සිටි නිව් යෝර්ක් හි Long Island වෙත ගොස් පරමාණු බෝම්බයක් නිපදවීමේ හැකියාව ගැන අයින්ස්ටයින් හට ඔවුන් පැහැදිලි කළ විට, අයින්ස්ටයින් මෙසේ පිළිතුරු දුන්නේය: “මම ඒ ගැන හිතුවේවත් නැහැ". සිලාර්ඩ් ගේ උපදෙස් අනුව එක්සත් ජනපදයේ බෙල්ජියම් තානාපති වෙත, ජර්මානු භාෂාවෙන් ලිපියක් වැග්නර් ලියූ ඇති අතර අයින්ස්ටයින් එය අත්සන් කළේය. තවද විග්නර්ගේ යෝජනාවට අනුව, ඔවුන් ඇමෙරිකානු රාජ්‍ය දෙපාර්තමේන්තුවට තමන් කරන්නේ කුමක්ද කරමින් තවත් ලිපියක් සකස් කළ අතර, එයට යම් විරෝධතා ඇත්නම් ප්‍රතිචාර දැක්වීමට සති දෙකක කාලයක් ලබා දෙන ලදී.

ලියෝ සිලාර්ඩ්

Photo Credit :blog.nuclearsecrecy.com

කෙසේ වුවත් තවමත් සිය පර්යේෂණය ඉදිරියට ගෙන යාමට අවශ්‍ය යුරේනියම් හා කාබන් විශාල ප්‍රමාණයෙන් ලබා ගැනීමට රජයේ සහාය ලබා ගැනීමේ ගැටලුව සිලාර්ඩ් ඉදිරියේ ඉතිරි විය. සිලාර්ඩ් ගේ තවත් මිතුරෙකු වන ඔස්ට්‍රියානු ජාතික ආර්ථික විද්‍යාඥ ගුස්ටාව් ස්ටෝල්පර් (Gustav Stolper) ජනාධිපති ෆ්‍රැන්ක්ලින් ඩී රූස්වෙල්ට් වෙත ප්‍රවේශ විය හැකි, ඇලෙක්සැන්ඩර් සැච්ස් (Alexander Sachs) ගේ සහාය ලබා ගැනීමට යෝජනා කළේය. සැච්ස් හමුවූ සිලාර්ඩ් හට අදාල සහාය ඉල්ලා ලබාදෙන ලිපිය ජනාධිපති ෆ්‍රැන්ක්ලින් ඩී රූස්වෙල්ට් හට ලබා දෙන බව පැවසුවද, එය වඩාත් කීර්තිමත් කෙනෙකුගෙන් ලැබිය යුතු බව යෝජනා කළේය. මෙහිදී ඒ සඳහා අයින්ස්ටයින් නැවතත් සිලාර්ඩ් ගේ පැහැදිලි තේරීම විය. ඒ අනුව ජනාධිපති වරයා වෙත යවන ලිපිය සැච්ස් සහ සිලාර්ඩ් විසින් කෙටුම්පත් කර එය අයින්ස්ටයින් වෙත තැපෑලෙන් යැවීය.

සිලාර්ඩ් ද අගෝස්තු 2 වන දින නැවතත් Long Island වෙත පිටත් විය. විග්නර් නොමැති නිසා මෙවර සිලාර්ඩ් තවත් හංගේරියානු භෞතික විද්‍යාඥයෙකු වන එඩ්වර්ඩ් ටෙලර් මේ සඳහා සම්බන්ධ කරගත්තේ ය. කෙටුම්පත ලැබීමෙන් පසු අයින්ස්ටයින් මුලින්ම එම ලිපිය ජර්මානු භාෂාවෙන් ලියන ලදී. එම ලිපිය රැගෙන කොලොම්බියා විශ්ව විද්‍යාලයට ආපසු පැමිණි පසු, සිලාර්ඩ් විශ්ව විද්‍යාලයේ භෞතික විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුවේ තරුණ ස්ටෙනෝග්‍රැෆර් වරියක වන ජැනට් කෝට්ස්වර්ත් ලවා ඉංග්‍රීසි භාෂාවෙන් ලිපිය ටයිප් කරවා ගන්නා ලදී. මෙම ඉංග්‍රීසි ලිපිය සහ දීර්ඝ පැහැදිලි කිරීමේ ලිපියක් යන දෙකම අයින්ස්ටයින්ට අත්සන් කිරීම සඳහා සිලාර්ඩ් විසින් තැපැල් කරන ලදී.

ඇලෙක්සැන්ඩර් සැච්ස්

Photo Credit : Steve Hsu

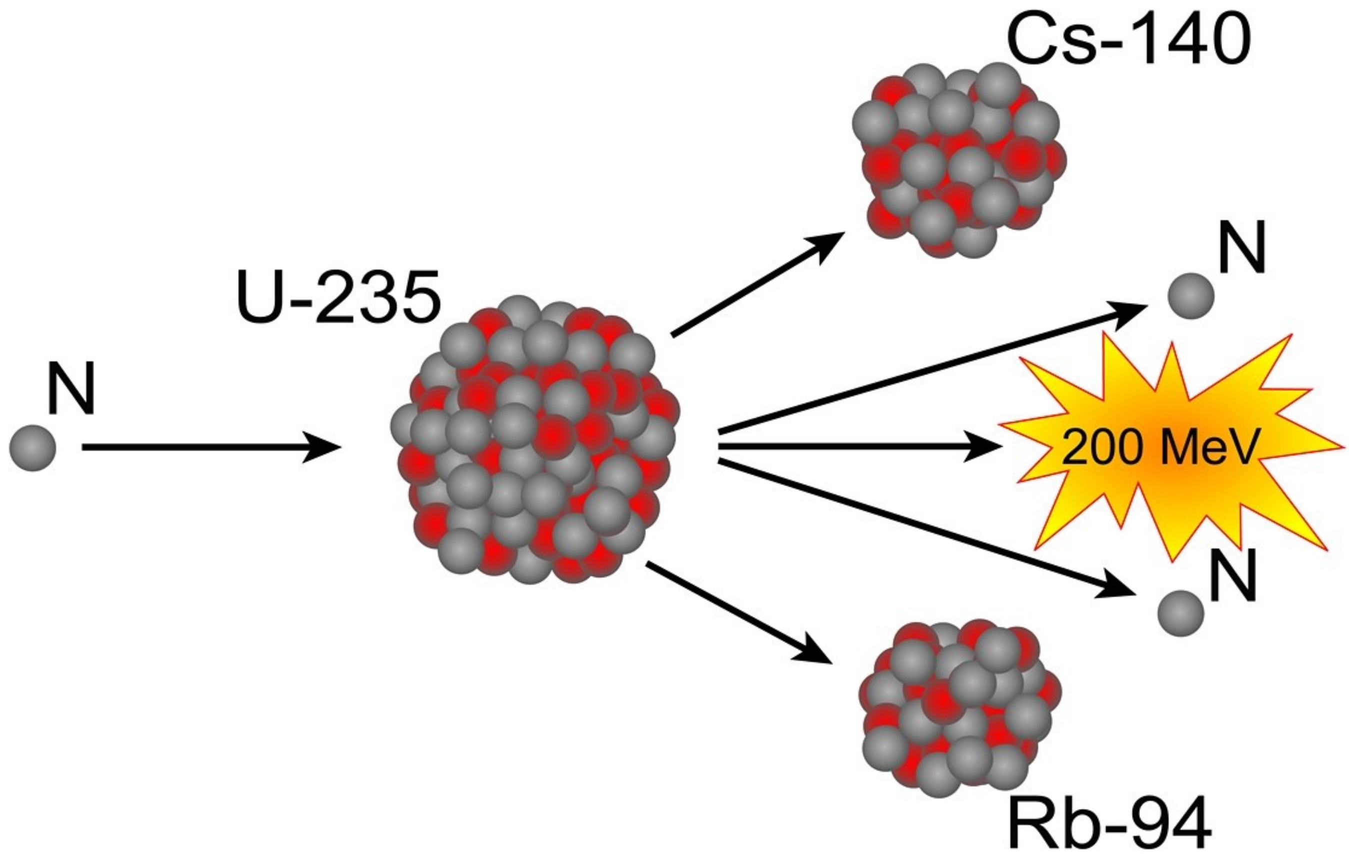
1939, අගෞස්තු 02 දිනැති, ජනාධිපති රූස්වෙල්ට් වෙත යවන ලද ලිපියේ පරමාණු බෝම්බය පිළිබඳව මෙසේ අනතුරු අඟවා ඇත.

"පසුගිය මාස හතරක කාලය තුළ - ප්‍රංශයේ ජොලියට්ගේ මෙන්ම ඇමරිකාවේ ෆර්මි සහ සිලාර්ඩ්ගේ ක්‍රියාකාරකම් හරහා - යුරේනියම් විශාල ස්කන්ධයක් තුළ න්‍යෂ්ටික දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් සිදු කල හැකි බව තහවුරු කර ඇත. එමගින් අතිවිශාල බලයක් සහ නව රේඩියම් වැනි මූලද්‍රව්‍ය විශාල ප්‍රමාණයක් ජනනය වනු ඇත.මෙය නුදුරු අනාගතයේ දී සාක්ෂාත් කරගත හැකි බව දැන් බොහෝ දුරට විශ්වාසයි.

මෙම නව සංසිද්ධිය බෝම්බ තැනීමට ද හේතු වනු ඇති අතර, නව මාදිලියේ අතිශය බලගතු බෝම්බ මෙලෙස ගොඩනැගිය හැකි බව, බොහෝ දුරට අඩු විශ්වාසයකින් වුවද සිතාගත හැකිය. බෝට්ටුවකින් රැගෙන ගොස් වරායක් තුළ පිපිරවිය හැකි මේ ආකාරයේ තනි බෝම්බයක් මගින් අවට ප්‍රදේශය සමඟ මුළු වරායම විනාශ කළ හැකිය. කෙසේ වෙතත්, එවැනි බෝම්බ ගුවන් මගින් ප්‍රවාහනය කිරීමට නොහැකි තරම් බර අධික විය හැකිය.

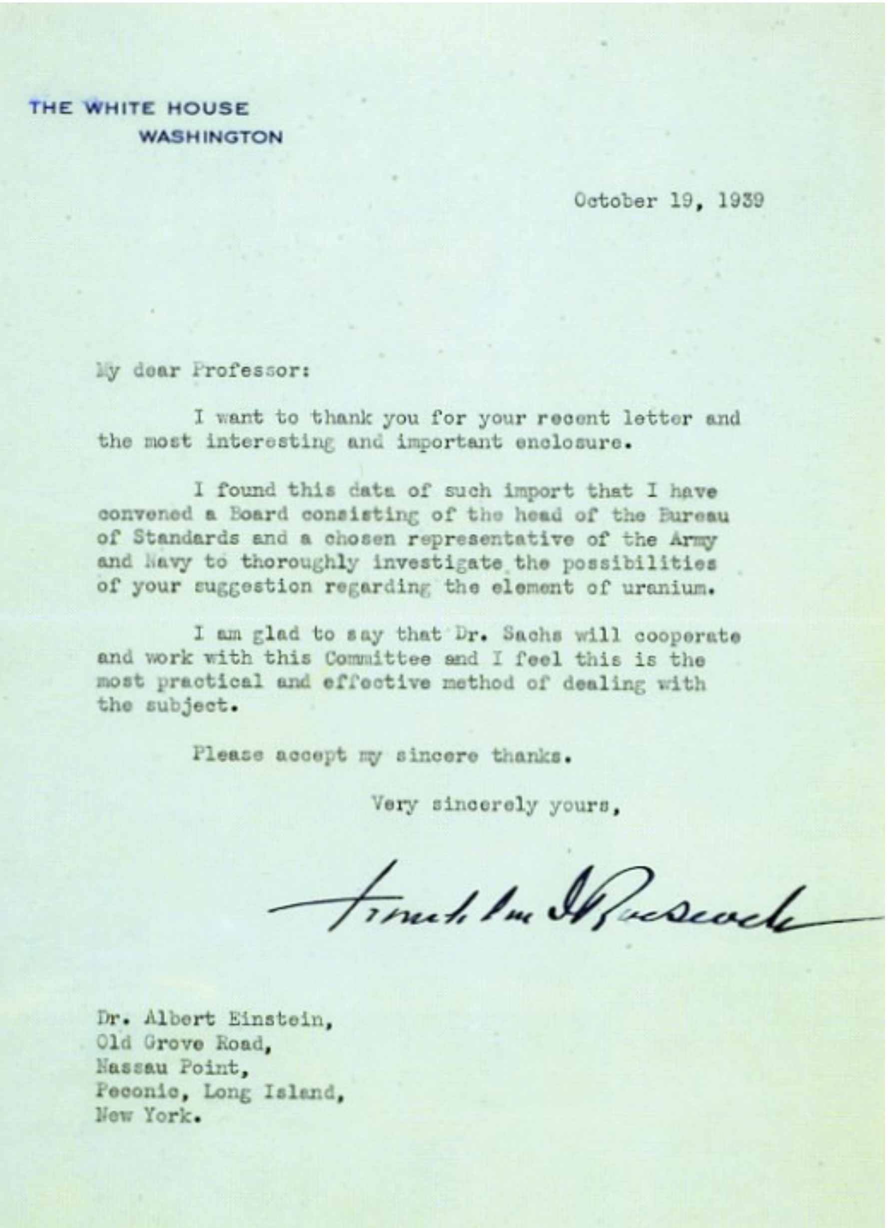
එමෙන්ම එම ලිපියෙන් ජර්මනියේ හැකියාව ගැන විශේෂයෙන් අනතුරු ඇඟවීය:

"ජර්මනිය තමන් විසින් පවරාගෙන ඇති චෙකොස්ලොවැකියානු පතල්වලින් යුරේනියම් විකිණීම සැබවින්ම නතර කර ඇති බව මට දැනගැනීමට ලැබී ඇත. එවැනි ඉක්මන් පියවරක් සඳහා ඇතැම් විට ජර්මානු උප රාජ්‍ය ලේකම්ගේ පුත් වොන් වෙයිසැස්කර් (von Weizsäcker) විසින් බර්ලිනයේ Kaiser-Wilhelm ආයතනයේදී යුරේනියම් පිළිබඳ ඇමරිකානු විද්‍යාඥයින් විසින් සිදුකල පර්යේෂණ කටයුතු නැවත නැවතත්



මෙම ලිපිය ලියන විට, විඛණ්ඩන දාම ප්‍රතික්‍රියාවක් සඳහා අවශ්‍ය මූලද්‍රව්‍ය ප්‍රමාණය ටොන් කිහිපයක් ලෙසට සිලාර්ඩ් විසින් ඇස්තමේන්තු ගත කර තිබුණි. නමුත් ඉන් මාස හතකට පසු බ්‍රිතාන්‍ය විද්‍යාඥයින් සිදුකල ගණනයන්ට අනුව එම ස්කන්ධය කිලෝග්‍රෑම් 10 ට වඩා අඩු වනු ඇතැයි ඇස්තමේන්තු කරනු ලැබූ අතර, එය ගුවන් මගින් පරමාණුක බෝම්බයක් හෙළීමේ හැකියාවක් ඇති බවට තහවුරු කරන ලදී.

මෙලෙස ලියවුනු අයින්ස්ටයින් - සිලාර්ඩ් ලිපිය, අයින්ස්ටයින් විසින් අත්සන් කර නැවත සිලාර්ඩ් වෙත තැපැල් කරන ලද අතර ඔහුට එය අගෝස්තු 9 වන දින ලැබුණි. සිලාර්ඩ් කෙටි සහ දිගු ලිපි දෙකම, ඔහුගේම ලිපියක්ද සමඟ අගෝස්තු 15 වන දින සැච්ස් වෙත ලබා දුන්නේය. සැච්ස් ධවල මන්දිර කාර්ය මණ්ඩලයෙන් ජනාධිපති රූස්වෙල්ට් හමුවීමට හමුවීමක් ඉල්ලා සිටියේය, නමුත් එම හමුව ලබාදීමට පෙර දෙවන ලෝක යුද්ධය ආරම්භ කරමින් ජර්මනිය පෝලන්තය ආක්‍රමණය කරන ලදී. මෙහිදී උපාය මාර්ගිකව සැච්ස් විසින් ඔහුගේ ජනාධිපතිවරයා හමුවීම ඔක්තෝම්බර් මාසය දක්වා ප්‍රමාද කළේය. එවිට ජනාධිපතිවරයා විසින් ලිපියට නිසි අවධානය යොමු කරනු ඇති බව ඔහුගේ විශ්වාසය විය.



THE WHITE HOUSE
WASHINGTON

October 19, 1939

My dear Professor:

I want to thank you for your recent letter and the most interesting and important enclosure.

I found this data of such import that I have convened a Board consisting of the head of the Bureau of Standards and a chosen representative of the Army and Navy to thoroughly investigate the possibilities of your suggestion regarding the element of uranium.

I am glad to say that Dr. Sachs will cooperate and work with this Committee and I feel this is the most practical and effective method of dealing with the subject.

Please accept my sincere thanks.

Very sincerely yours,

Franklin D Roosevelt

Dr. Albert Einstein,
Old Grove Road,
Nassau Point,
Peconic, Long Island,
New York.

ඒ අනුව සැච්ස් ඔක්තෝබර් 11 වන දින ජනාධිපතිවරයා, ජනාධිපති ලේකම්වරයා , බ්‍රිගේඩියර් ජෙනරාල් එඩ්වින් පා වොට්සන් සහ යුධෝපකරණ විශේෂඥයින් දෙදෙනෙකු හමුවිය. එහි ප්‍රතිපලයක් ලෙස රූස්වෙල්ට් ජනධිපතිවරයා අයින්ස්ටයින්ට ස්තූති කරමින් පිළිතුරු ලිපියක් එවූ අතර ඔහුට මෙසේ දන්වා සිටියේය.

“යුරේනියම් මූලද්‍රව්‍ය සම්බන්ධයෙන් ඔබගේ යෝජනාවේ ඇති හැකියාව වැදගත් දත්ත මාහට හමුවූ බැවින් එම යෝජනාව පිළිබඳව තරයේ විමර්ශනය කිරීම සඳහා ප්‍රමිති කාර්යාංශයේ ප්‍රධානියා සහ යුද හමුදාවේ සහ නාවික හමුදාවේ තෝරාගත් නියෝජිතයෙකුගෙන් සමන්විත මණ්ඩලයක් මා විසින් කැඳවා ඇත."

අයින්ස්ටයින් න්‍යෂ්ටික පර්යේෂණ සඳහා පියවර ගන්නා ලෙස ඉල්ලා 1940 මාර්තු 7 සහ 1940 අප්‍රේල් 25 යන දිනවලදී රූස්වෙල්ට් වෙත තවත් ලිපි දෙකක් යවන ලදී. න්‍යෂ්ටික බෝම්බය නිපදවීමේ කටයුතු අවසන් වීමට මාස තුනකට පෙරාතුව න්‍යෂ්ටික බලශක්තිය පිළිබඳ ප්‍රතිපත්ති සාකච්ඡා කිරීම සඳහා සිලාර්ඩ් හමුවන ලෙස ජනාධිපතිවරයාගෙන් ඉල්ලා සිටිමින් අයින්ස්ටයින්ගේ අත්සන යොදාගෙන සිලාර්ඩ් විසින් සිව්වන ලිපියක් කෙටුම්පත් කළේය. 1945 මාර්තු 25 දින යවන ලද එම ලිපිය 1945 අප්‍රේල් 12 වන දින රූස්වෙල්ට් ජනධිපතිවරයායගේ මරණයට පෙර ඔහු වෙත ළඟා නොවීය.

එලෙස ජනාධිපති වරයා විසින් පත් කල කමිටුව පරමාණු බෝම්බයක් තැනීමේ අපේක්ෂාව ගැන සැක පහළ කළ නමුත් සිලාර්ඩ් සහ ෆර්මි ගේ අත්හදා බැලීම සඳහා යුරේනියම් සහ මිනිරන් මිලදී ගැනීම සඳහා $6,000 ක් ලබා දීමට එකඟ විය.

යුරේනියම් පිළිබඳ උපදේශක කමිටුව පරමාණු බෝම්බයක් නිපදවීමේ එක්සත් ජනපද රජයේ උත්සාහයේ ආරම්භය වූ නමුත් එය ආයුධයක් නිපදවීම දැඩි ලෙස අනුගමනය කළේ නැත. එය 1940 දී ජාතික ආරක්ෂක පර්යේෂණ කමිටුව සහ පසුව 1941 දී විද්‍යාත්මක පර්යේෂණ සහ සංවර්ධන කාර්යාලය විසින් මෙහෙයවන ලදී. Frisch-Peierls සංදේශය සහ බ්‍රිතාන්‍ය Maud වාර්තා මගින් 1942 ජනවාරි මාසයේදී පූර්ණ පරිමාණ න්‍යෂ්ටික අවි සංවර්ධන ප්‍රයත්නයක් සඳහා අවසර දීමට රූස්වෙල්ට් පොළඹවන ලදී. ඒ අනුව විඛණ්ඩන පර්යේෂණ කටයුතු 1942 ජූනි මාසයේදී එක්සත් ජනපද හමුදා ඉංජිනේරු බලකායේ මැන්හැටන් දිස්ත්‍රික්කය විසින් පවරා ගන්නා ලද අතර එය මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය ලෙස හැඳින්වෙන සමස්ත බෝම්බ සංවර්ධන වැඩසටහනක් කරා රොබර්ට් ඔපන්හයිමර් හා ජෙනරාල් ග්‍රෑව්ස් යටතේ මෙහෙයවන ලදී.

ෆර්මි, සිලාර්ඩ් ඇතුළු මැන් හැටන් ව්‍යාපෘතියේ සාමාජිකයින් කිහිප දෙනෙක්
Photo Credit : www.manhattanprojectvoices.org

මෙම මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය සඳහා අයින්ස්ටයින් ගේ සේවය ලබා නොගන්නා ලදී. ඒ හමුදාව විසින් ඔහුගේ රහසිගතභාවය පිලිබඳ නිෂ්කාශනය ප්‍රතික්ෂේප කළ බැවිණි. හමුදාව දන්වා සිටියේ අයින්ස්ටයින්ගේ සාමජවාදී නැඹුරුව සහ කීර්තිමත් තත්ත්වය, මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතියේ ආරක්ෂාව අවදානමට පත් කළ හැකි බව පවසමින්. කෙස් වුවද , එක්සත් ජනපද නාවික හමුදාවේ යුධෝපකරණ කාර්යාංශයේ උපදේශකයෙකු ලෙස කටයුතු කිරීමට අයින්ස්ටයින්ට අවසර ලැබුණු අතර අයින්ස්ටයින් මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතියට යම් යම් සමීකරණ ලබා දෙමින් රහසිගතව දායක වූ බව ඇතැමුන් විශ්වාස කරයි. කීර්තිමත් රසායන විද්‍යාඥ ලීනස් පෝලිං (Linus Pauling) ට අනුව, අයින්ස්ටයින් පසුව එම ලිපියට අත්සන් කිරීම ගැන පසුතැවිලි වූයේය. තවද 1947 දී අයින්ස්ටයින් නිව්ස්වීක් සඟරාවට පැවසුවේ "ජර්මානුවන් පරමාණු බෝම්බයක් නිපදවීමට සමත් නොවන බව මා දැන සිටියේ නම්, මම කිසිවක් සිදු නොකරනු ඇත." ලෙසයි.

මෙලෙස මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය ක්‍රියාත්මකව පවතින විට ජර්මනිය මිත්‍ර හමුදාවන්ට යටත්වූ අතර සිලාර්ඩ් ඇතුළු පිරිසගේ ඉල්ලීම මත ජර්මනිය තුල වූ සියලුම භෞතික විද්‍යාඥයින් (ඔටෝ හාන් ද ඇතුළුව) අත්අඩංගුවට ගෙන “ජර්මාණු පරමාණු බෝම්බය” ගැන ප්‍රශ්ණ කරන ලදී. එහිදී අනාවරණය වුයේ ජර්මනිය කිසිලෙසකත් එවැන්නක් නිපදවීම සිදු නොකල බවයි. මේ සමගම සිලාර්ඩ් ඇතුළු මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය සිදු කරගෙන ගිය විද්‍යාඥයින් 71 දෙනෙකු පමණ පරමාණුක බෝම්බයක ඇති භයානක බවත් දැන් එවැන්නක් අවශ්‍ය නොවන බැවින් මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය නවතා දමන ලෙසත් ඉල්ලා ජනපති රූස්වෙල්ට් වෙත පෙත්සමක් යොමු කලෝය. ඒ අනුව දෛවයේ සරදමට මෙන් පරමාණු බෝම්බයක් නිර්මාණය උදෙසා සිය දිවිය කැපකළ ලියෝ සිලාර්ඩ් ලොව ප්‍රථම න්‍යෂ්ටික අවි විරෝධියා බවට පත්විය. කෙසේ වුවත් ඔවුන්ගේ පෙත්සම නොසලකා හැර ඔවුන් සියලු දෙනාවම මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතියෙන් ඉවත් කරන ලදී.

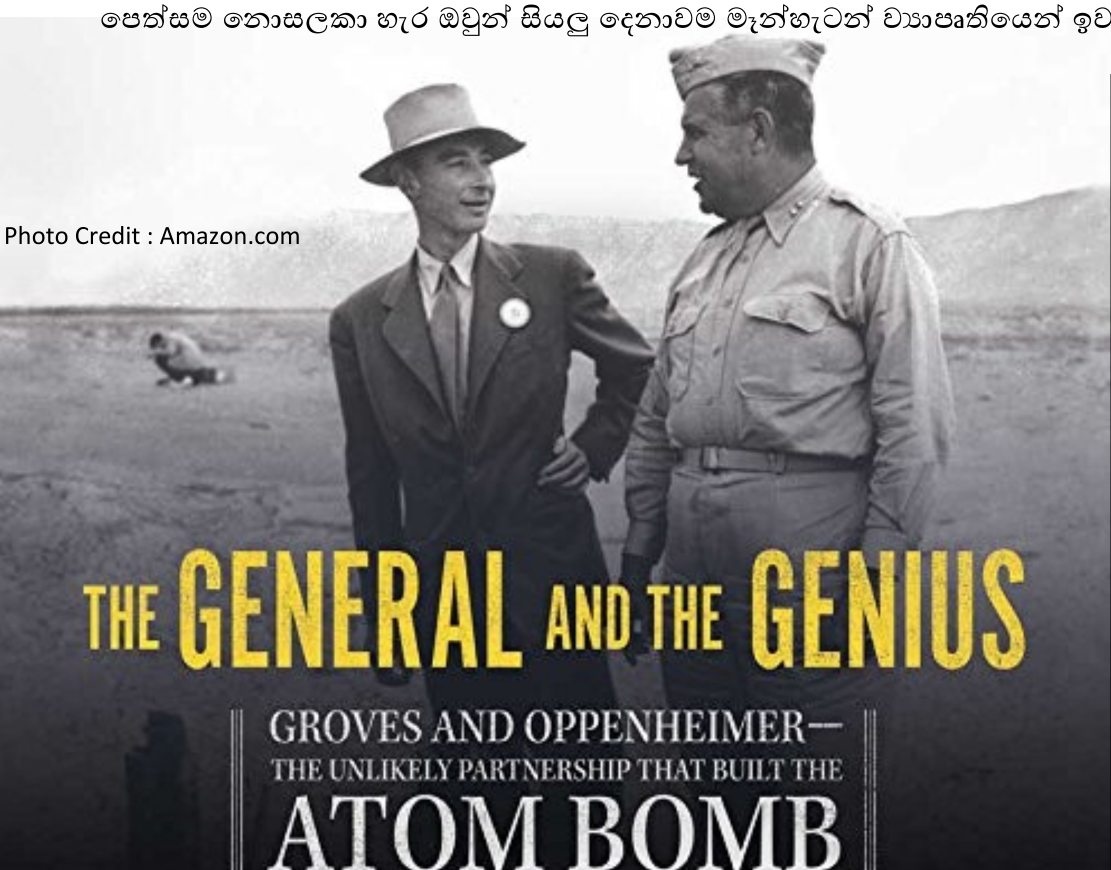


Photo Credit : Amazon.com

“මෙම මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය සඳහා අයින්ස්ටයින් ගේ සේවය ලබා නොගන්නා ලදී. ඒ හමුදාව විසින් ඔහුගේ රහසිගතභාවය පිලිබඳ නිෂ්කාශනය ප්‍රතික්ෂේප කළ බැවිණි.”

ව්‍යාපෘතිය ඉදිරියට මෙහෙය වූ රොබර්ට් ඕපන්හයිමර් 1945 දී පළමු විඛන්ඩන න්‍යෂ්ටික බෝම්බය අත්හදා බැලීය. හින්දු කවි වලට ඇඩි ඇල්මක් දැක්වූ රොබර්ට් ඔපන්හයිමර් ප්‍රථම පරමාණු බෝමබ්යට “ට්‍රිනිටි (ත්‍රිශූලය)” ලෙසින් නම් තැබීය. 1945 ජේ ජූලි 16 වන දින උදෑසන 5:29:45 ට ට්‍රිනිටි අත්හදා බැලුණා. මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතිය මගින් සැලසුම් දෙකක් ඔස්සේ විඛන්ඩන න්‍යෂ්ටික බෝම්බ නිර්මාණය කල අතර එනිසාම එම මාදිලි දෙකම පුපුරුවා හැරීමට තීරණය විය. ඒ අනුව මෙම අත්හදාබැලීමෙන් දෙසතියකට පසු 1945 අගෝස්තු 6 උදෑසන හිරෝෂිමාවට ලිටල් බෝයි හා 1945 අගෝස්තු 9 නාගසකියට ෆැට් මැන් නම් බෝම්බ හෙලන ලදී.

මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතියට, ජර්මනියේ සිට පැමිණ 1942 දී එක්වූ එඩ්වර්ඩ් ටෙලර් විසින් නව බෝම්බයක් පිලිබඳ අදහසක් ඕපන්හයිමර් වෙත ඉදිරිපත් කරන ලදී. කෙසේවුවත් ඕපන්හයිමර් විසින් ඔහුව මැන්හැටන් ව්‍යාපෘතියෙන් ඉවත් කර ලෝරන්ස් ලිවර්පූල් පර්යේෂණාගාරය වෙත යොමු කරන ලදී. එහිදී සිය අදහස ඉදිරියටම ගෙනගිය ටෙලර් 1952 දී ලොව ප්‍රථම විලයන න්‍යෂ්ටික බෝම්බය (හයිඩ්‍රජන් බෝම්බ) අත්හදා බලන ලදී. අද වනතුරුත් කිසිදු විලයන න්‍යෂ්ටික බෝම්බයක් යුද්ධයකදී යොදාගෙන නොමැත.

ට්‍රිනිටි බෝම්බය
Photo Credit : Los Angeles Times

හිරෝෂිමා, නාගසාකි බෝම්බ සමගම න්‍යෂ්ටික බෝම්බ වල ඇති භයානක බව ගැන ලෝකයම කථාකල අතර එම තාක්ෂණය මිහිමතින් අතුගා දැමිය යුතු බවට මතයක් සමාජ ගත විය. කෙසේ වුවත්, රොබර්ට් ඕපන්හයිමර් ඇතුළු පිරිස මෙය මිහිමත නිර්මාණය කරන ලද විශාලතම ශක්තිය බවත්, එය මිනිසාගේ යහපතට භාවිතා කල හැකි බව පෙන්වාදෙන ලදී.

ඒ අනුව යමින් පෝලන්ත ජාතිකයෙකු වූ ඇමෙරිකානු අද්මිරාල් හයිමන් G රිකොවර් විසින් වෙයින්බර්ග් හා ඇබෙල්සන් හා එක්ව ප්‍රථම සම්පීඩිත න්‍යෂ්ටික ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් සබ්මැරීන් සඳහා නිපදවූ අතර ඒ අනුව ලෝකයේ ප්‍රථම න්‍යෂ්ටික බලයෙන් ක්‍රියාකරන සබ්මැරීනය වූ USS නොටිලිස් (NSS1) 1954 දී නිපදවිය. ගෘහස්ත පරිභෝජනය සඳහා විදුලිය ලබාදුන් ලොව ප්‍රථම න්‍යෂ්ටික විදුලි බලාගාරය වන්නේ, 1954 දේ රුසියාවේ ඔබ්නින්ස්ක් හි භෞතික විද්‍යා හා බලශක්ති ඉංජිනේරු ආයතනයේ ඉදිකළ ඔබ්නින්ස්ක් බලාගාරයයි. මොස්කව් නුවර සිට කිලෝමීටර 110ක් නිරිත දිගින් වූ මෙම බලගාරය ජලයෙන් සිසිලනය කල, මිනිරන් හරයකින් යුක්ත විය. ඉන්ධන ලෙස ස්වභාවික යුරේනියම් යොදා ගන්නා ලදී. මෙම බලාගාරය 1954 සිට 2002 දක්වා ක්‍රියාත්මක වූ අතර, වර්ෂ 1959 දී ඉන් විදුලි බලය නිපදවීම නවතාලනු ලැබීය. ඉන් අනතුරුව විකිරණශීලී සමස්ථානික නිෂ්පාදනයට හා පර්යේෂණ කටයුතු සඳහා ඔබ්නින්ස්ක් යොදා ගැනුණි. එමෙන්ම ලොව ප්‍රථම න්‍යෂ්ටික බලයෙන් ක්‍රියා කරන අයිස් බිඳින නෞකාව වන ව්ලැඩිමීර් ලෙනින් 1959 දී නිපදවන ලද්දේද සෝවියට් දේශය විසිනි. අද වනවිට න්‍යෂ්ටික බලාගාර 454ක් ලොව පුරා රටවල් 31 කට වැඩි සංඛ්‍යාවක ක්‍රියාත්මක වන අතර තවත් බලාගාර 54ක් ඉදිවෙමින් පවතී. ගෝලීය විදුලිබල උත්පාදනයෙන් 11% ක් පමණ මේ වන විට ලබාදෙන්නේ න්‍යෂ්ටික ශක්තියෙනි. ඒ අනුව අයින්ස්ටයින් - සිලාර්ඩ් ලිපිය සමස්ථ මානව ශිෂ්ඨාචාරයම වෙනස් කල ලියුම බවට පත්විය.

USS නොටිලිස් (NSS1)

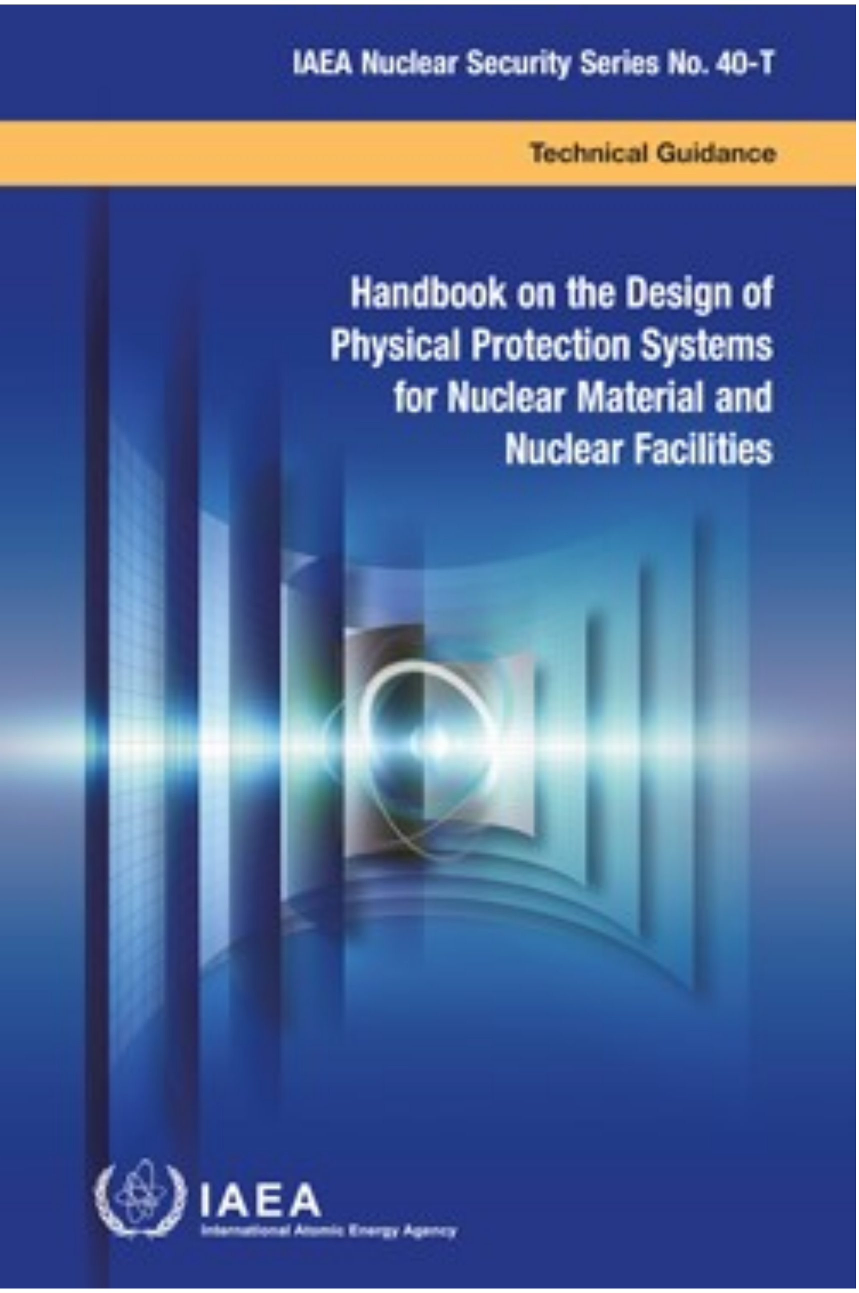
Photo Credit : www.History.com

මෙම ලිපි පෙලේ සම්පාදක ප්‍රියංග රත්නායක මහතා ශ්‍රී ලංකා පරමාණුක බලශක්ති මණ්ඩලයේ, විකිරණ ආරක්ෂණ හා තාක්ෂණික සේවා අංශයේ, නියෝජ්‍ය අධ්‍යක්ෂක වරයෙකු ලෙස සේවය කරන අතර න්‍යෂ්ටික තාක්ෂණය මහජනතාව අතර ප්‍රචලිත කිරීමේ කටයුතු වල යෙදී සිටියි.

priyanga@aeb.gov.lk

නවතම IAEA ප්‍රකාශනයක්..

"න්‍යෂ්ටික ද්‍රව්‍ය සහ න්‍යෂ්ටික පහසුකම් සඳහා භෞතික ආරක්ෂණ පද්ධති සැලසුම් කිරීම පිළිබඳ අත්පොත"



න්‍යෂ්ටික පහසුකම්, න්‍යෂ්ටික ද්‍රව්‍ය භාවිතය සහ ගබඩා කිරීම සඳහා ඵලදායී භෞතික ආරක්ෂණ පද්ධතියක් (PPS) සඳහා, න්‍යෂ්ටික ආරක්ෂණ ශ්‍රේණි ප්‍රකාශන වල නිර්දේශ ක්‍රියාත්මක කරන්නේ කෙසේද? පිළිබඳ රාජ්‍යයන්, නිසි බලධාරීන් සහ ක්‍රියාකරුවන් සඳහා පුළුල් සවිස්තරාත්මක මාර්ගෝපදේශයක් මෙමඟින් සපයයි.

සුදුසු, ඵලදායී භෞතික ආරක්ෂණ පියවරයන් (උපකරණ ඇතුළුව) තෝරා ගැනීම සහ ඒකාබද්ධ කිරීම සම්බන්ධයෙන්, භෞතික ආරක්ෂණ පද්ධතියක් සැලසුම් කිරීම සහ ඇගයීම පිළිබඳ මෙම ප්‍රකාශනය මඟින් තවදුරටත් තාක්ෂණික විස්තර සපයා තිබීම ඉතා වැදගත්ය.

පහත යොමුව ඔස්සේ පිවිස මෙම වටිනා ප්‍රකාශනය පිළිබඳ වැඩිදුර තොරතුරු අවබෝධ කර ගනිමු.

https://www.iaea.org/publications/13459/handbook-on-the-design-of-physical-protection-systems-for-nuclear-material-and-nuclear-facilities

මෙම ලිපියේ සම්පාදක නදීරා දිල්හානි මහත්මිය තොරතුරු නිලධාරිණී ලෙස ශ්‍රී ලංකා පරමාණු බලශක්ති මණ්ඩලයේ, විකිරණ ආරක්ෂණ හා තාක්ෂණික සේවා අංශයේ, සේවය කරයි.

nadeera@aeb.gov.lk

යුරේනියම් - 235

235

U

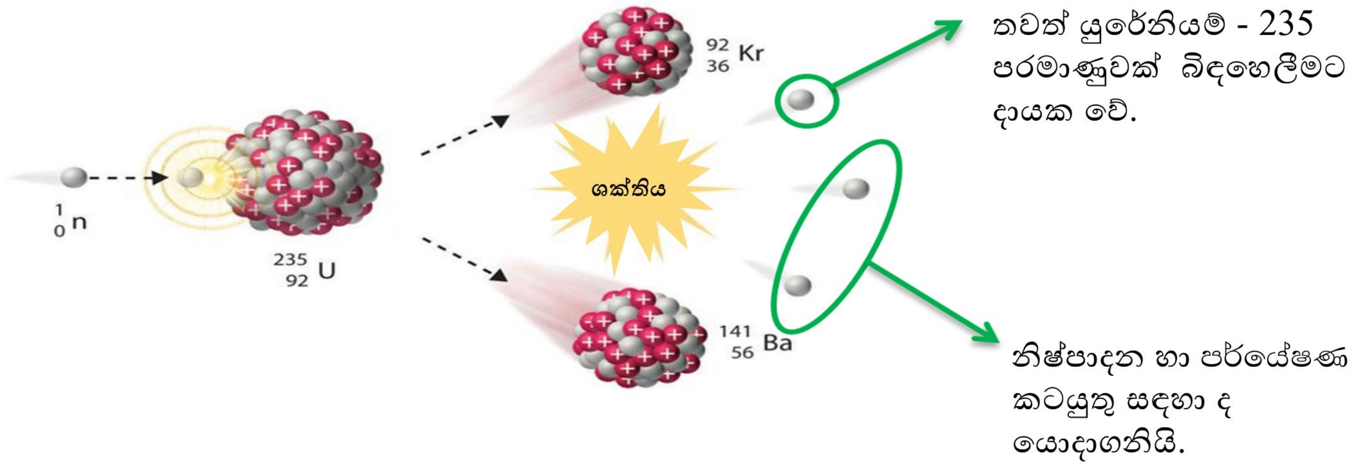
92

ප්‍රකාශනය:
විකිරණ ආරක්ෂණ හා තාක්ෂණික සේවා අංශය
ශ්‍රී ලංකා පරමාණුක බලශක්ති මණ්ඩලය

ස්වභාවිකව හමුවන යුරේනියම් ඛණිජද්‍රව්‍යය වල 0.72% පමණ ඉතා කුඩා ප්‍රතිශතයක් යුරේනියම් - 235 සමස්ථානිකය අඩංගු වේ. යුරේනියම් - 235 යනු විඛණ්ඩන දාම ප්‍රතික්‍රියාව ස්ථාවරව පවත්වාගෙන යා හැකි යුරේනියම් වල එකම, පහසුවෙන් විඛණ්ඩනය වන සමස්ථානිකය වේ.

යුරේනියම් - 235 ඉතා අධික අර්ධ ආයුකාලයක් ඇති සමස්ථානිකයකි. එහි අර්ධ ආයුකාලය වසර මිලියන700 ක් වේ. යුරේනියම් - 235 සමස්ථානිකය ක්ෂය වීමේදී, ඇල්ෆා විමෝචනයක් සිදු වේ.

න්‍යෂ්ටික බලාගාර වලදී මෙන්ම විඛණ්ඩන න්‍යෂ්ටික අවි වලදී යුරේනියම් - 235 විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියා ඉතා වැදගත් වන අතර, ඒවායේ



සටහන: යුරේනියම් - 235 පරමාණුව විඛණ්ඩනය වීමේ ක්‍රම ගණනාවක් දක්නට ලැබේ. පහත දක්වා ඇත්තේ එක් ආකාරයක් පමණි.

විඛණ්ඩන ප්‍රතික්‍රියා: (එක් ආකාරයක් පමණක් දක්වා ඇත)

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + \gamma + heat$$

ක්ෂය වීම:

$$^{235}_{92}U \rightarrow ^{231}_{90}Th + ^{4}_{2}He^{2+} + \gamma$$

Designed by- priyanga@aeb.gov.lk
Imalka Thanuja

අපොස උසස් පෙළ සිසුන් සඳහාම නිර්මාණය කරන ලද පෝස්ටරයක් !

(Source : ANSTO)

න්‍යෂ්ටික සඳෙස >> Our Services

Nuclear Technology has a wide range of applications in many fields that can make a significant contribution to the development of medical, agricultural, industrial, energy and environmental sectors of a country. In Sri Lanka, SLAEB has the responsibility of facilitating the utilization of nuclear technology in the above-mentioned sectors and providing services with special regard to safety and security. We are providing wide spectrum of services to fulfil the needs of Sri Lankan Business and Research Communities using Nuclear and Radiaton Technologies. Our competent human resources together with modern laboratory facilities provide services accredited for international standards.

Sri Lanka Atomic Energy Board

Ministry of Power & Energy

NATIONAL SERVICE PROVIDER ON NUCLEAR & RADIATION TECHNOLOGIES

We are providing wide spectrum of services to full fill the needs of Sri Lankan business and research communities using Nuclear and Radiation Technologies. Some of them are…,

* Gamma spectrometry for food and other commodities
* Gamma sterilization of medical products and food items
* Non destructive testing services
* Radiation exposure monitoring using TLDs
* Workplace monitoring for radioactivity and contaminations
* XRF analysis for gems , alloys and cultural artifacts
* Analysis of water quality
* Consultancy services
* Microbial testing services for food and medical products
* Radioactive waster management
* Provision of trainings on non destructive testing
* Provision of trainings on radiation safety and security
* Provision of analytical services using ICPMS and IRMS
* Calibration of radiation measuring instruments
* Manufacturing of radiation detection kits for school children
* Repair and maintenance of radiation measuring equipment

CONTACT US FOR MORE DETAILS …..

Central Laboratory Complex

60/460, Baseline Rd, Orugodawatte, Wellampitiya.

Tel: 0112533427-8 Fax: 0112533429

E mail: officialmail@aeb.gov.lk Web : www.aeb.gov.lk

Sri Lanka Gamma Centre

BEPZ, Block A, Walgama, Malwana.

Tel: 0112487756-7 Fax: 0112487758

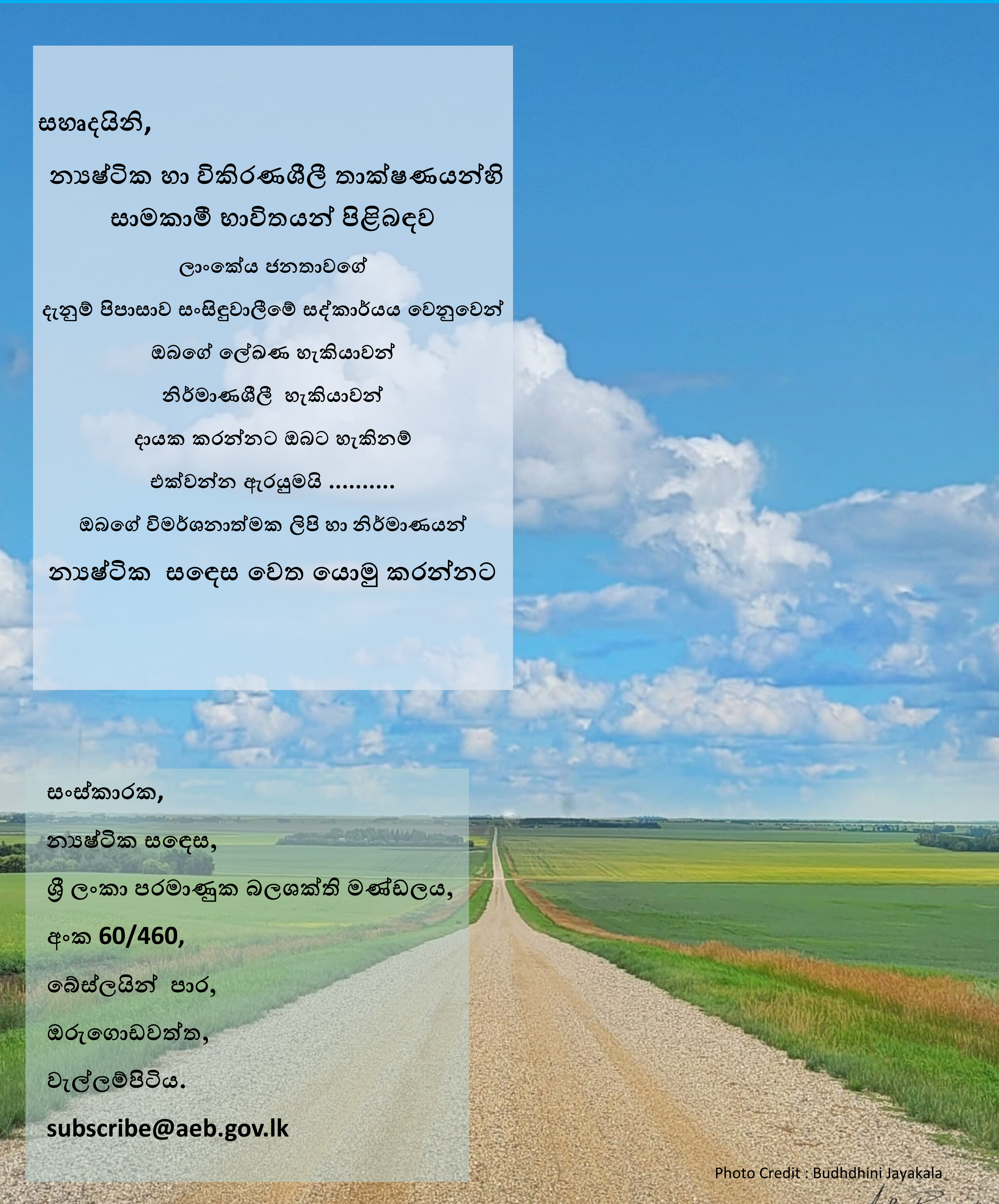
Email: officialslgc@aeb.gov.lk

National Centre for Non-Destructive Testing

977/18, Bulugaha Junction, Kandy Road, Kelaniya.

Tel: 0112987854-6 Fax: 0112987851

E mail: anura@aeb.gov.lk



සහෘදයිනි,

න්‍යෂ්ටික හා විකිරණශීලී තාක්ෂණයන්හි

සාමකාමී භාවිතයන් පිළිබඳව

ලාංකේය ජනතාවගේ

දැනුම් පිපාසාව සංසිඳුවාලීමේ සද්කාර්යය වෙනුවෙන්

ඔබගේ ලේඛණ හැකියාවන්

නිර්මාණශීලී හැකියාවන්

දායක කරන්නට ඔබට හැකිනම්

එක්වන්න ඇරයුමයි ....

ඔබගේ විමර්ශනාත්මක ලිපි හා නිර්මාණයන්

න්‍යෂ්ටික සදෙස වෙත යොමු කරන්නට

සංස්කාරක,

න්‍යෂ්ටික සදෙස,

ශ්‍රී ලංකා පරමාණුක බලශක්ති මණ්ඩලය,

අංක 60/460,

බේස්ලයින් පාර,

ඔරුගොඩවත්ත,

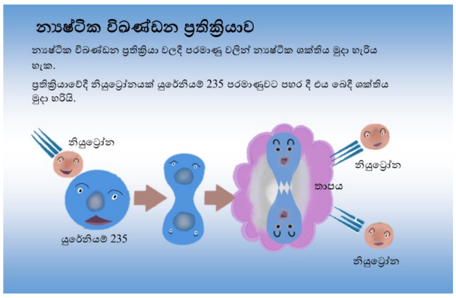
වැල්ලම්පිටිය.

subscribe@aeb.gov.lk

Photo Credit : Budhdhini Jayakala

මීළඟ කලාපයෙන් ඔබ වෙතට ගෙන ඒමට සූදානම් කර ඇති විශේෂාංග

The International Nuclear and Radiological Event Scale



හොඳම සොයාගැනීම් “ න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය”

අසිරිමත් විකිරණ online පාඩම් මාලාව

මෙවන් තොරතුරු රැසක් සමග එන

න්‍යෂ්ටික සදෙස 2022 සැප්තැම්බර් මස කලාපය නොවරදවාම කියවන්න

න්‍යෂ්ටික සදෙස

න්‍යෂ්ටික සදෙස

න්‍යෂ්ටික සදෙස

subscribe@aeb.gov.lk