

RADIOAKTIVAJ VOJMONTRILOJ

Du novaj metodoj en la biokemia esplorado

de D-rino THEA BURKART—SIRK

El la gazeto *Universum, Natur und Technik*, kun la permeso de la verkinto kaj eldonanto elgermanigis H. Sirk¹⁾.

Du novaj metodoj iĝis dum la lastaj jaroj gravegaj por la esplorado de organikaj substancoj: la laborado per radioaktivaj atomoj kaj la kromatografio sur papero.

Markado per radioaktivaj izotopoj.

Jam antaŭ kvindek jaroj oni klopodis marki unuopajn molekulojn por ke oni povu sekvi ilian vojon en la vivanta organismo. La unuaj provoj okupis sin pri la markado de grasaj acidoj per fenilo (C_6H_5-) kaj povis per tio konatigi ion pri la oksida malkonstruo de la grasaj acidoj en la organismo. Sed la markadmetodo nur sukcesis, kiam oni trovis vojon marki molekulojn ne ŝanĝante iliajn kemiajn ecojn. Tiu eblo rezultis el uzo de izotopoj, kiuj ja kemie ne diferencas inter si. Tiel oni markis grasajn acidojn per deŭterio (t.e. „peza hidrogeno” 2H) kaj povis konstati, ke ĉe la nutrado per tiaj grasaj acidoj granda parto aperas rapidege en la grasdeponejoj de la tuta korpo. Per tio estis pruvate, ke la korpaj histoj estas konstante konstruataj kaj malkonstruataj. Sed la apartigado de la izotopoj per la masospektrografilo estis ankoraŭ tre komplikita.

Nur kiam oni ekuzis nedaŭrajn radioaktivajn izotopojn, kiuj estas facilege konstateblaj kaj mezureblaj, la sukceso iĝis trafa. La metodo de la markado per radioaktivaj atomoj en la neorganika regiono eliris de la Viena Radium-instituto (F. Paneth kaj G. Hevesy) en la tutan mondon jam en 1913. Sed nur hodiaŭ la uranipiloj (fig. 1 kaj 2) liveras al ni radioaktivajn fendajojn en sufiĉa kvanto kaj granda elekto por fari per ili biosintezojn. Kiel grava la metodo estas hodiaŭ ni ekkonas el tio ke triono de ĉiuj biokemiaj laboroj okupas sin pri radioaktivaj elementoj. Ni ja konas hodiaŭ pli ol 1000 radioaktivajn izotopojn, sed por biokemia esplorado ĉefe gravas tiuj de karbono, fosforo, sulfuro, fero, natrio, kalcio kaj jodo.

Por konstati la molekulojn markitajn per radioaktivaj izotopoj oni uzas preskaŭ ekskluzive la Geiger-Müller-nombriilon (fig. 3 kaj 4), kiu jam indikas la radioaktivan disiĝon de unuopa atomo kaj uzeblas por gasaj, likvaj kaj solidaj provaĵoj. La uzo de izotopoj kiel biokemiaj indikiloj principe estas simpla. Se oni havas izotopriĉan provaĵon de biologie grava elemento, oni ĝin uzas por sintezo de substanco asimilata normale de la explorenda organismo. Post enigo de la markita substanco en la organismon, oni observas la sekreciĝon de la izotopo kaj ĝian distribuon al la diversaj histopartoj per la nombrilo, ĉe kio oni estu certa ke la markitaj molekuloj trapasas la normalan metabolon.

¹⁾ Ni ŝuldas specialan dankon al la eldonisto, kiu bonvolis disponigi la klišojn.

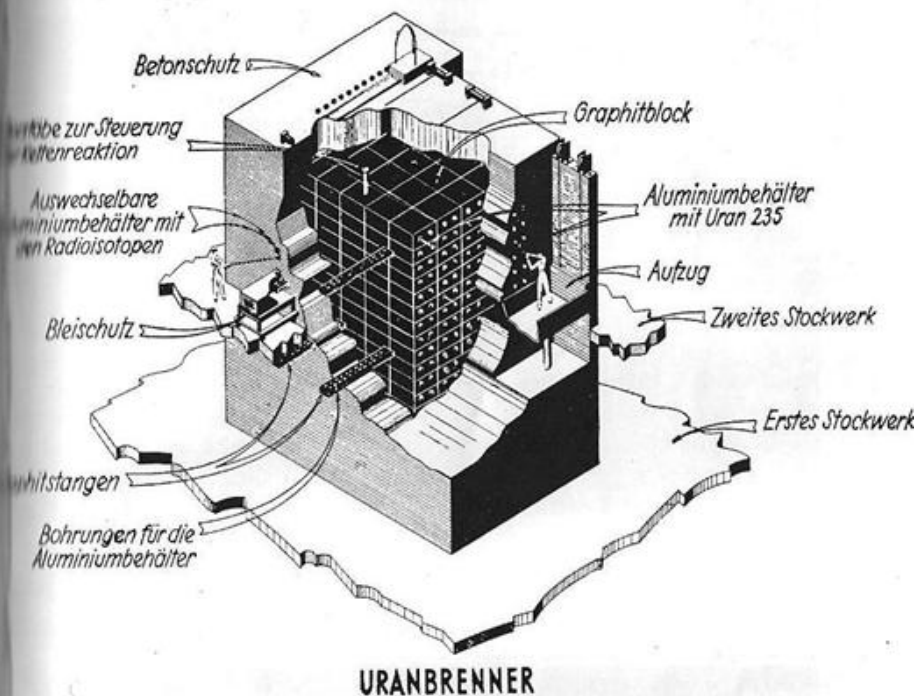


Fig. 1. Skemo de uranipilo.

Traduko de la enskribadoj en Fig. 1.

Betonschutz: Betona protektilo.

Borststäbe zur Steuerung der Kettenreaktion: Stangoj el borono direktantaj la ĉenreagon.

Auswechselbare Aluminiumbehälter mit den Radioisotopen: Ŝanĝeblaj ujoj el aluminio kun la radioizotopoj.

Bleischutz: Plumba protektilo.

Graphitstangen: Grafitstangoj.

Bohrungen für die Aluminiumbehälter: Bortruoj por la ujoj el aluminio.

Aluminiumbehälter mit Uran 235: Alumina ujo kun uranio 235.

Graphitblock: Grafitbloko.

Aufzug: Lifto.

Zweites Stockwerk: Dua etaĝo.

Erstes Stockwerk: Unua etaĝo.

Uranbrenner: Uranipilo.

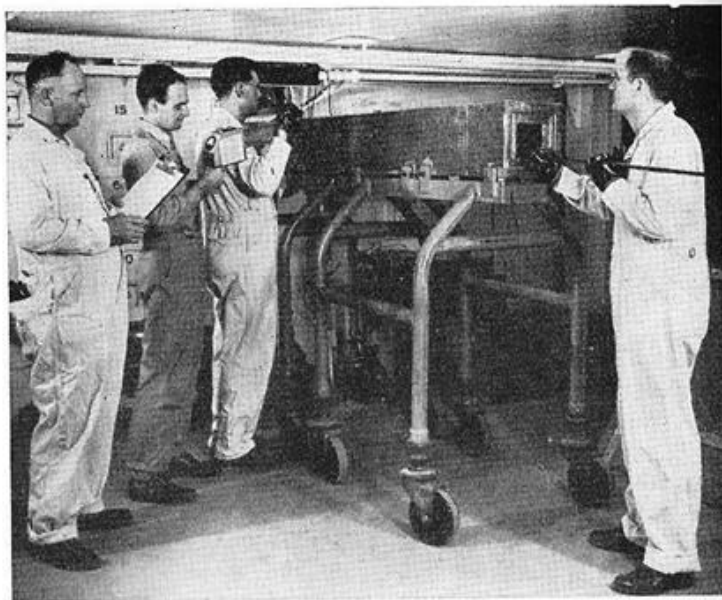


Fig. 2. Elpreno de radioizotopoj el atomforno.

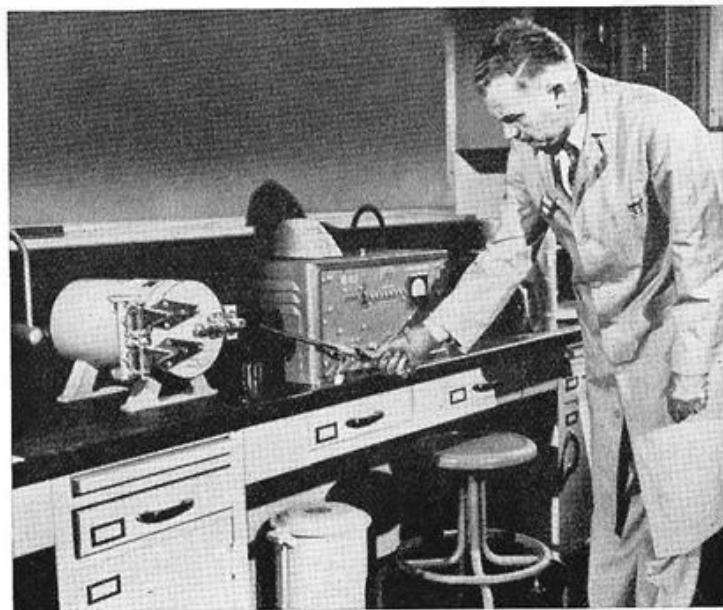


Fig. 3. Geiger-Müller-nombriilo por determini la radioaktivecon de histoj.

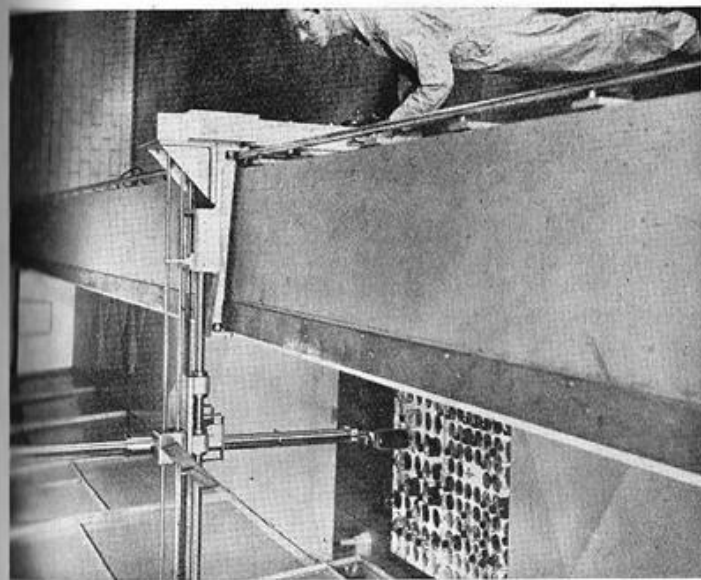


Fig. 5. Dika muro el plumbo protektas la laboriston kontraŭ radioaktivaj izotopoj.

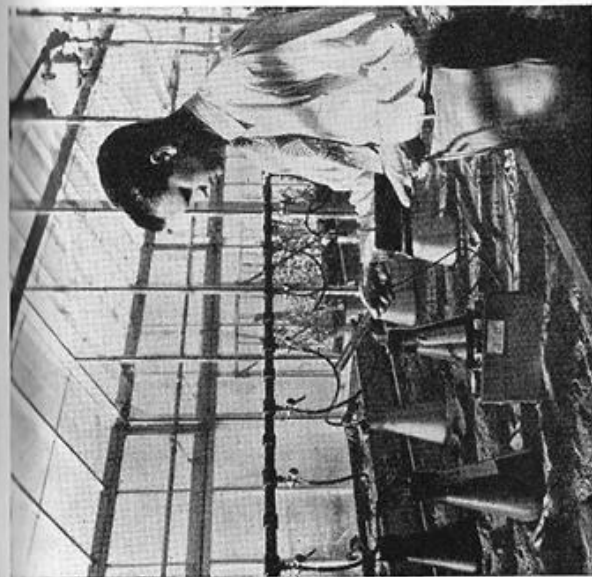
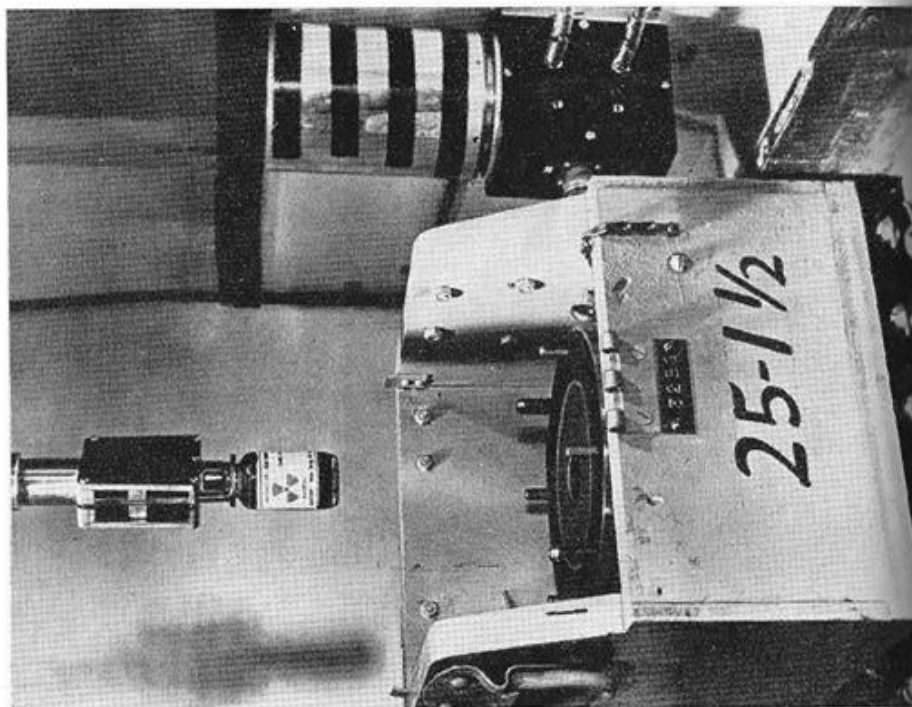


Fig. 4. Geiger-Müller-nombriilo por determini la radioaktivan substancon akceptitan de kreskaŭta planto.



Fig. 7. D-ro R. L. M. S. yn g e dum li preparas paper-kromatografiaĵojn en la laboratorio.



La preparo de molekulo markita per izotopoj diferencas tamen de la rutinaj organikaj sintezoj. Ĉar la radioaktivaj elementoj estas hodiaŭ ankoraŭ multekostaj — en Vieno ni venigas ilin per la radiuminstituto el Anglujo — la sintezo estu direktata tiel, ke la radioaktiva izotopo estas aldonata plej malfrue kaj perdiĝas ĉe la sekvantaj reagoj plej malmulte. La sintezanta organikisto staras antaŭ novaj problemoj. La sintezoj estas farataj unue sen aldono de la izotopoj, por determini la kondiĉojn garantiatajn poste plejan utiligon de la izotopo. La finproduktaĵoj estas ankaŭ purigataj alimaniere. Oni rekristaligas ne ĝis konstanta punkto de fandiĝo, sed ĝis konstanta radioaktiveco. Ofte, ankaŭ, oni aldonas puran ne-izotopan substancon, por ke la pli granda amaso ebligu apartigon.

La laborado je radioaktiva materio postulas specialajn singardrimedojn. Oni sin ŝirmu precipe kontraŭ la γ -radioj per plumbaj ŝirmiloj (fig. 5 kaj 6). La malpli penetraj β -radioj ĝenerale estas haltigataj de la vitraj ujoj, en kiuj la substancoj estas konservataj. Solvaĵoj kaj pulvoroj ne estu disŝutataj kaj forĵetataj estu neniligataj. Tio ne nur necesas pro konsideroj pri saneco, sed ankaŭ por eviti la malpuriĝon de provajoj, kiu povus konduki al eraraj mezuroj. Ankaŭ la laboratorio estu ekzamenata de tempo al tempo pri sia radioaktiveco. La eksperimentisto povas esti difektata pro eniro de radioaktivaj substancoj tra haŭto, buŝo aŭ pulmo. Oni dividas la radioaktivajn elementojn en tri klasojn de danĝereco. Estas ekzemple en la 1a klaso (malplej danĝeraj pro eta periodo de duoniĝo): natrio, fosforo, en la 2a klaso: kalcio; en la 3a klaso: radiumo.

Estu nun menciataj kelkaj esploroj per radioaktiva karbono ^{14}C , ĝenerale uzata kiel indikilo por karbonkombinaĵoj. ^{14}C estiĝas per neŭtronbombardado al nitrogenkernoj ^{14}N . Unu neŭtrono estas kaptata, unu protono elĵetata. La kernoj de ^{14}C estas tre daŭremaj (periodo de duoniĝo pli ol 5000 jaroj). Dum la disiĝo β -parteto estas elĵetata kaj ^{14}N estas retroformata. ^{14}C elsendas nur β -radiojn. Ili penetras la histojn nur kelkajn dekonojn da milimetro. La izotopriĉa materio estas liverata kiel baria karbonato, kiu miksite kun acido estiĝas radioaktivan karbonan dioksidon. Depende de la gvidado de la sintezo oni povas prepari ekzemple acetatan acidon, kiu enhavas la radioaktivan C-atomon en la metilo ($\text{C}'\text{H}_3\text{COOH}$)²⁾ aŭ en la karboksilo ($\text{CH}_3\text{C}'\text{OOH}$).

Ĉar la substancoj troviĝantaj en la naturo estas ofte tro komplikitaj por sintezoj kun markitaj substancoj, oni povas provi atominterŝanĝon aŭ sintezi la markitan substancon per vivanta organismo aldonante la izotopon en konvena formo al la nutraĵoj. Determini poste la situon de la markita atomo en la molekulo estas tamen malfacilege. Oni devas malkonstrui la markitajn kombinaĵojn kaj esplori facile identigeblajn fragmentojn de la molekulo, (ekzemple por determini, ĉu acetatacido formita de la planto dum asimilado de radioaktiva karbona dioksido enhavas la aktivan karbonatomon en la metilo aŭ en la karboksilo). La acetatacido, plej grava interproduktaĵo de la animala metabolado, estas tiel efemera aperaĵo en la vivanta korpo, ke oni sukcesis

²⁾ C' signifas la radioaktivan C-atomon.

korekte konstati ĝin nur per markado. Tiel estis pruvate, ke rato produktas ĉ. 1 g da acetatacido ĉiun tagon kaj je 100 g da korpopezo.

Per markita acetatacido estis ankaŭ pruvite, ke ĝi estas la fundamenta konstruero por la komplikite konstruita molekulo holesterola. Holesterolo troviĝas en ĉiuj animalaj histoj; ĝi necesas por la transporto de la grasaj acidoj en la organismo kaj estas antaŭanto de la viraj kaj virinaj sekshormonoj, de la hormono el la ŝelo de la surrena glando kaj de la vitamino D. Oni scias hodiaŭ, ke el la 27 karbonatoj de holesterolo devenas 15 de la metilo kaj 12 de la karboksilo acetatacidaj.

En Vieno oni povis prepari sukerojn de plej granda specifa radioaktiveco. Per fotosintezo, la plej grava biokemia procezo sur la tero, radioaktiva karbona dioksido estis asimilata en la verda folio en la sunlumo, la formita sukero ekstraktata kaj la unuopaj sukeroj (glukozo, fruktozo kaj sakarozo) apartigataj per paperkromatografio. Ĉe donado de tiu sukero al animaloj la aktiva karbono povis esti konstatata per la Geiger-Müller-nombro ne nur en karbohidratoj, sed ankaŭ en la grasoj kaj proteinoj de la organismo. Tio pruvas rapidan kaj konstantan fluon de ĉiuj substancoj en la vivanta organismo, sed estas ankaŭ unu el la ĉefaj malfacilaĵoj de la biokemia esplorado.

En Vieno estis ankaŭ konstatate, ke ĉe fotoasimilado de radioaktiva karbona dioksido la aktiva karbono estas konstatebla post 24 horoj en la konstrueroj de lignino, kiuj servas al la ligniĝo kaj ke la planto eble ankaŭ senpere absorbas konstruerojn de lignino (koniferino).

La indikilmetodo ankaŭ ege subtenis la esploron de kelkaj fermenteoj, kiuj estas speciale gravaj por la biokemiisto. Tiel ekz. la izotopa karbono ebligis la malkovron, ke troviĝas en multaj ĉeloj ne partoprenantaj en la fotosintezo, fermentoj asimilantaj la karbonan dioksidon.

Per la aktiva karbono la vojo de la karbona dioksido en la planto povis esti sekvata. Montriĝis, ke post la absorbo la karbona dioksido estas rapidege distribuata al granda nombro da planteroj. Sed rapida laboro ebligis konstati, ke post kelkaj sekundoj tri kvaronoj de la markita karbona dioksido troviĝas en la karboksilo de fosfoglicerata acido $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{OPO}_3\text{H}_2$.

Sed por malmiksi komplikitan miksaĵon de kombinaĵoj troviĝantan en la planto, oni uzis alian metodon evoluigitan je la sama tempo, la distribuon kromatografion sur papero.

Hodiaŭ ambaŭ metodoj estas ofte uzataj kombinite, kiel ni jam vidis ĉe la disigo de sukeroj, ĉar ambaŭ analizometodoj estas precizegaj.

La paperkromatografio.

La paperkromatografio, pro kies esploro la angloj A. Martin kaj R. Synge (fig. 7) ricevis la Nobelpremion por kemio en 1952, servas por disigo kaj identigo de kemiaj miksaĵoj kaj permesas disigi komplikitajn miksaĵojn de natursubstancoj kaj prilabori ilin, kvankam per grandega nombro da distribuoperacioj. Ĝi estas hodiaŭ unu el la plej uzataj metodoj.

Jam antaŭ 15 jaroj estis konate, ke solvaĵo de diversaj kemiaj kombinaĵoj

traigata tra kolono de ekzemple alumina oksido, estigas en ĝi diverse koloritajn tavolojn, kiuj per unuopa eltraĉo kaj ellavo per taŭga solvilo (ekzemple metanolo aŭ benzino-benzeno-miksaĵo) ebligas malmikson de la miksaĵo. Tiel jam tiam estis apartigataj diversaj plantaj koloraĵoj ekz. el floroj. Pli poste oni sukcesis simple disigi proteinojn en iliajn diversajn aminoacidojn.

Ĉe la paperkromatografio oni uzas anstataŭ alumina oksido aŭ silika gelo simple paperon t.e. celulozan strion (plej puran Lintner-filtropaperon). La substancoj estas metataj en formo de solvaĵoj (ekz. akvaj, alkoholaj, eteraj) per kapilaro sur lokon de la strio el filtropapero, markitan per krajonstreko. La strio estas poste trempata je la suba rando en solvaĵon de butanolo-acetatacido-miksaĵo en akvo kaj lasata ne tuŝata dum dekdu horoj. La alteco de la suprensorbata solvaĵo estas denove notata kaj la strio sekigata. Poste oni rivelas per taŭgaj reagoj kaj videbligas la diversajn kemiajn kombinaĵojn en formo de makuloj. El la kvociento inter la irdistancoj de la surmetita substanco kaj de la rivelitaj substancmakuloj oni povas konkludi pri la ĉeestantaj substancoj. Oportune estas sintezi la supozatajn substancojn kaj samtempe kromatografii ilin sur alia papero, por esti tute certa ĉe la identigo. (Se la makuloj aperas sur la sama loko, temas pri la sama substanco).

La granda signifo de la paperkromatografio konsistas en tio, ke substancmiksaĵoj de plej etaj koncentritecoj, ekz. en kvantoj ne plu konstateblaj per pesado, estas ankoraŭ disigeblaj certe kaj rapide. Oni povas ankoraŭ konstati kvantojn de unu milionona gramo, μg , kaj uzante organikajn kombinaĵojn markitajn per radioaktivaj atomoj, eĉ kvantetojn multe pli malgrandajn.

La distribuo de la radioaktivaj konsistigaĵoj povas esti konstatata per la Becquerela fenomeno, t.e. per la nigriĝo de plako proksimigita, per kio oni ricevas radiografajon de la papero.

Helpe de la paperkromatografio kaj la markado per radioaktivaj atomoj la biokemio povis ataki problemojn, kiuj sen tiuj simplaj kaj precizaj metodoj tute ne estus solveblaj je granda domaĝo de la biologiaj sciencoj kaj de la praktika medicino.

ISAE-INFOJMOJ.

061.22 (ISAE)

Por la Estraro 1955 ni serĉas agemajn kandidatojn por la postenoj de ĝenerala sekretario kaj de sekretario-kasisto. La nunaj funkciaĵoj, sinjoroj E. D. Durrant, Anglujo, kaj S. Alexandersson, Svedujo, volas ekŝigi.

Nova komitatano: Profesoro Uuno Pesonen, Museokatu 17A, Helsinko, Finnlando.

Mortis sinjoro inĝeniero Emile François, Francujo, komitatano kaj delegito de ISAE, la 20an de majo 1954 en la aĝo de 66 jaroj. Ni esprimas la lastan dankon pro lia oferema laboro por ISAE kaj Esperanto.

Terminologia sekcio - Agrikulturo. D-ro A. D. Atanasov, Str. Corlu N7, Sofia, Bulgarujo, laboras pri agrikultura terminaro en kunlaboro kun kelkaj specialistoj pri subfakoj. Li petas la aliajn fakulojn kunlabori.

Sven Alexandersson.