

Як знойсці працу меры

Сьвета: Раскажы крыху пра сябе: хто ты, адкуль, дзе вучылася, на каго? Кім ты хацела стаць? Ці стала тым, кім хацела?

Ганна: Мяне завуць Ганна, я з Барысава. У школьнія гады я займалася астрономіяй і брала ўдзел у астранамічных алімпіядах. І ў рэспубліканскай алімпіядзе па астрономіі таксама. Атрымаўшы дыплём, хацела стаць астрономам! Але ў нас ніяма ніякай вышэйшай адукацыі ў гэтай галіне, а школу мы скончавем, калі нам толькі 17 гадоў. І мяне мама не пусціла вучыцца куды-небудзь. То бок я ня стала прафесійным астрономам. Але заўсёды вельмі хацела!

І ў год, калі я скончыла школу, на факультэце радыёфізыкі БДУ адкрылі новую катэдру – пра касымічныя дасьледаваньні. То бок там катэдра звалася «агульнай фізицай» дасоль, а ў той год яна сталася «агульнай фізицай»...

Сьвета: ...аэракасымічных тэхналёгіяў», так! Ведаю, бо я працавала менавіта на гэтай катэдры!

Ганна: І з першага курсу, як у Менск пераехала, я пачала шукаць, што ў нас ёсьць – якая альтэрнатыва астрономіі, што я буду рабіць са сваімі спадарожнікамі. То бок я спачатку пастанавіла, што пайду на спадарожнікі, а што потым буду рабіць, ня ведала. І вось я знайшла ў Менску кампанію, якая займаецца оптэлектроніка для спадарожнікаў. Зь першага курсу я надумала, што скончу гэтую катэдру і пайду туды інжынерам працаваць... У мяне былі вельмі далёкія пляны!

Сьвета: Клас!



Фота падчас навучаньня ў расейскай магістратуры. Ганна на тле аднаго з радыётэлескопаў



Ганна: ...Усё так і выйшла! Пасьля ўніверсітету я сем гадоў працавала ў гэтай кампаніі.

Трэба адзначыць, што нейкім на чацвертым, на пятym курсе, калі пісала свае дыпломнія працы і курсавыя, мне ўсё ж хацелася нейкай тэарэтычнай астрономіі. І я шукала на нашым факультэце каліастронамічныя працы. У мяне там было крыху і пра **квантавую гравітацыю** (курсач на чацвертым курсе), і пра **касымічныя выпра-меньванні** (моі дыплём). То бок я ўсё хацела, усё марыла пра навуку, але стала інжынеркай, і мне ўсё ў прынцыпе падабалася...

А потым, як чалавек з шылам у пэўным месцы, то бок пасьля ўсяго ўніверсітэцкага, у 2018 годзе я знайшла магчымасць атрымаць магістратуру ў галіне астраfізыкі ў Рэсеi дыстанцыйна, ездзячы туды раз на паўгоду. Там радыёfізычная абсэрваторыя. І мне як радыёfізыку вельмі-вельмі цікавая была **радыёfізычная астрономія**. Эта быў пункт перасячэння маіх досьведу і ведаў!

Насамрэч астрономія ў школе – гэта ня той узровень, які людзі атрымліваюць за пяць гадоў вышэйшай адукацыі. То бок мне вельмі складана было зайдыць ў тэарэтычную астраfізыку праста так, бо мне гэта падабаецца. А тут, паколькі гэта радыёастрономія, я здолела скончыць і атрымала вельмі вялікую асалоду. Зразумела, што такое адукацыя, калі ты ўжо дарослы, калі абіраеш тое, што табе шчыра падабаецца. Паралельна працавала ў Менску і атрымала яшчэ й магістра.

Там у нас быў курс пра тыпы тэлескопаў, якія выкарыстоўваюцца ў розных галінах астраfізыкі. І калі мы пісали реферат пра розныя тыпы тэлескопаў, мне трапіўся **нэўтронны**. Я гэтак усім натхнілася!.. І пастанавіла, што хачу распрацоўваць тэлескопы! Што я скамбінуў сваю новую магістарскую адукацыю ѹ досьвед і пайду куды-небудзь у гэтыя вашия Эўропы распрацоўваць нэўтронныя тэлескопы.

Прынцыпаў маладзёна. Імаверна, Якуб Н.-Ё. гэтак бы і застаўся ў Францы да канца жыцця, калі б ня франка-пруская вайна. Парыж быў узяты немцамі ў асаду, у горадзе пачаўся голад. Парыжане нават звёлі жывёлінаў з заапарку. Каб ацалець, Якуб быў вымушаны вучыць музыцы. Ён расклейў па абложаным горадзе аўявы: «Даю лекцыі музыкі. Кошт дамоўны. Якуб Наркевіч-Ёдка». І нават у гэтых жудасных дні знаходзіліся асобы, якія запрашалі вучыць сваіх дзяцей. Згаладалы музыка прадаваў сваё ўменыне за абеды.

Па ваенных дзесяніях Н.-Ё. вяртаецца на раздзіму, у канцы 1871 г. Удома ён застаў хворага састарэлага бацьку й занядбаную гаспадарку. Зь вялікай энэргіяй узяўся Якуб аднаўляць маёнтак – з уласцівымі яму талентам і навуковым падыходам. Найперш набыў маладых бычкоў і збудаваў валовую ферму. Гэта дазволіла атрымаць крыніцу стабільных даходаў, а пасьля залагоджвашы эканамічных проблемаў ужо нішто не магло спыніць прага Якуба да навук.



Час зьбіраць камяні
Спадар Наркевіч-Ёдка без сумневу быў неардынарным і таленавітым навукоўцам зь вельмі актыўнаю жыццёвую пазыцыяй. Яго можна беспамылкова назваць чалавекам эпохі Адраджэння, бо таленты ягонія былі яскравыя і вельмі рознабаковыя. На падставе інфармацыі, дасяжнай на гэты момант, можна даведацца, што Якуб Н.-Ё. брай удзел у шмат якіх дасьледаваннях і самастойна ладзіў досьледы.

Ягоная навуковая дзеяньніца пачынаецца ў 1872 г. пасля вяртання з Парыжу. Разумеючы непэрспектыўнасць традыцыйных мэтадаў вядзення сельскага гаспадаркі і адначасова імкнучыся да навізны, ён правёў першыя досьледы ў электрычнасці. Якуба цікавілі пытанні, звязаныя з уплывам электрычнасці на матэрыяльныя аб'екты, найперш на расліны, а таксама на чалавечы арганізм. Менавіта гэтым дасьледаванням навуковец прысьвяціў усё дзейша жыццё.

У майкунку Антонава Якуб адбудаваў мэтэаралягічную станцыю, якую ў 1888 г. перанёс у палац бацькі ў Наднёман, дзе стала пасяліцца зъ сям'ёю. Спачатку станцыя мела II разрад, а ў 1895-м – пасля ўдасканалення абсталівания – яе перавялі I разрад. Яна была адною з найбуйнейшых у заходній частцы тагачаснай Расейскай імперыі ды ўваходзіла ў сетку станцыяў Галоўнай фізычнай абсэрваторыі Пецярбургскай акадэміі навук. Як карэспандэнт гэтай абсэрваторыі Якуб мусіў сыштаматычна праводзіць розныя назіранні за станам атмасфэры – ціскам, вільготнасцю і тэмператураю паветра, кірункам і сілаю ветру, колькасцю ападкаў, заміраць вільготнасць глебы, вызначаць таўшчыню і асаблівасці сънегавога покрыва.

Мэтэаралягічная станцыя Наднёман была забясьпечаная першакляснымі прыборамі, сярод якіх – аргіналы, сканструяваны ўласна Якубам Н.-Ё. У 1889 г. на адным з пасяджэнняў Мэтэаралягічнай камісіі Расейскага геаграфічнага таварыства навуковец пропанаваў спосаб вызначаць хуткасць руху воблакаў і прадэманстраваў адпаведны прыбор. Каб сыштамна вымяраць вільготнасць глебы, ён сканструяваў лізімэтар. Пры яго дапамозе з вялікаю дакладнасцю можна было вызначыць вільготнасць глебы на глыбіні да трох метраў.

Наступным крокам была ахова тэрыторыі маёнткаў на Меншчыне – з мэтаю паменшыць шкоду ад навальніцай і градабою. Спачатку навуковец ужываваў на палях сядзібы вядомыя раней прыстасаванні, аднак адразу ж істотна іх удасканальваў. Прывада для абароны ад граду складалася з завостранага на адным канцы меднага стрыжня, злучанага металічным дротам з цынкаваю пласцінай, умураванага ў зямлю. Медны стрыжань месціўся на драўлянай вежыслупе вышынёю з 12 метраў. Прывестасаваны



для абароны ад граду былі на полі – згодна з систэмай, эксперыментальна распрацаванай навукоўцам. Справа здача пра выкарыстаныне зьявіліся на старонках пэрыядычнага выдання ў 1880-х. Першая афіцыйная справа здача Н.-Ё. на пасяджэнні Мэтэаралягічнай камісіі Расейскага геаграфічнага таварыства ў лютым 1889 г. была ўхваленая.

Распрацаваныя навукоўцам прылады для абароны ад граду таксама служылі крыніцамі электрычнага току ў эксперыментах для вывучэння ўздзеяння электрычнасці на расліны. Якуб Н.-Ё. зарганізаваў эксперыментальныя сэкцыі электракультыватыў на палях у Наднёмні. Ён выявіў, што праходжанне току пэўнае сілы праз глебу скарачала вегетацыйны пэрыяд, пры гэтым памер пладоў павялічваўся ў некалькі разоў. Ураджайнасць сельскагаспадарчых культур узрасла ў параўнанні з контрольнымі ўзорамі на 20 %. Абагульненне і аналіз вынікаў эксперыменту дазволілі навукоўцу прысьці да высновы, што электрычнасць паскарае хімічныя працэсы ў глебе. У 1892 г. на сходзе сельскіх уладальнікаў у Санкт-Пецярбурзе Н.-Ё. выступіў з афіцыйным дакладам пра вынікі эксперыменту ў справе ўплыву атмасфернай электрычнасці на рост раслінай. Знаныя навукоўцы А. Ваўкаў і А. Саветаў станоўчы ацанілі гэтыя эксперыменты.

Шматлікія дасыльды навуковец ладзіў пры дапамозе сканструяваных крыніцаў пастаяннага і пераменнага току, лейдэнскага слоіка (ад нідэрл. гораду Leiden), шпулі Румкарфа (Röhmkorff coil) ды іншых прыстасаванняў. Н.-Ё. шляхам доўгага і ўсебакога вывучэння электрычных звязаў прыйшоў да высновы: электрычнасць падпарадкоўваецца агульным законам фізікі і – як гук і съятло – распаўсюджваецца хвалепадобнымі ваганьнямі. І гэта ў той час, калі шмат хто з славутых навукоўцаў не разумеў фізичнага сэнсу раўнанняў Максўела.

Вяртаныне на радзіму не перапыніла штогадовых навуковых паездак Якуба ў асноўныя дасыльдчыя цэнтры Заходняй Эўропы, падчас якіх знаёміў калегаў з сваймі новымі вынікамі і ідэямі, ладзіў навуковыя канфэрэнцыі ды чытаў лекцыі. У канцы 1880-х – пачатку 1890-х праводзіў супольныя дасыльдованыя з заходнеўрапейскімі навукоўцамі. У 1889-м на запрашэнні італьянскіх навукоўцаў браў удзел у кліматалагічных дасыльдаваннях Лігурыйскага мора ўзімку зь незвычайна ніzkімі тэмпературамі для паўночнай Italii. Улетку 1892-га на запрашэнні чэскіх навукоўцаў ладзіў эксперыменты ў абсерваторыі і на мэтэаралягічнай станцыі Праскага ўніверсітэту. Затым дасыльдніка за прасілі ў Вену ўзяць удзел у эксперыментах для вывучэння атмасфернай электрычнасці.

Раўнаныні Максўела – набор фундамэнтальных раўнанняў, што апісваюць падвойны электрычнага і магнітнага палёў у космасе. Упершыню былі сформуляваныя Джэймзам Максўэлам (James Maxwell) у XIX ст. і адыгралі вызначальную ролю ў разьвіцьці тэорыі электрамагнітнага звязання. Гэтыя раўнаныні складаюць аснову клясычнага электрамагнітизму і дасюль шырока выкарыстоўваюцца ў сучаснай фізыцы і тэхніцы. Яны забясьпечылі глыбокое разуменіне ўласцівасцяў і падвойны электрамагнітных палёў, што прывяло да значнага прагрэсу ў розных галінах – тэлекамунікацыі, электроніцы і энэргасистеме ды інш.



РАЗМОВА З ГАННАЮ МАРОЗАВАЙ: #4 «Я ПАСТАНАВІЛА, ШТО ХАЧУ РАСПРАЦОЎВАЦЬ ТЭЛЕСКОПЫ!»

СЬВЕТА ВОЛЧАК

Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
LIZARD KLOVA



- Экалагічнасць. Мінімальны ўплыў на экалогію пры выкарыстанні і CO₂-адбітак на яе стварэнне.
- Дапасаванасць да розных крыніцаў энергіі (вецер, геатэрмальная, сонца). У tym ліку добра інтэграваная ў сетку [15].

Свабода вялецца пад нагамі, або Палітычная ролі пяскі

Прыемна назіраць, як тэхаскі ці амерыканскі блогер спрабуюць паказаць прынцып дзеяння пясчаных батарэй, зробленых на каленцы. Ці як фіны запускаюць у камерцыйнае выкарыстанне свае батарэі. За імі ідуць ізраільцы, якія скан-цэнтраваліся на жывры.

Працягваючы думку з папярэдняга артыкулу пра гравітацыйныя батарэі, паўтару: энергетычная залежнасць нараджает палітычную. Таму шмат якія краіны імкнуцца да энергетычнае незалежнасці. І гэты артыкул я пішу дзеля таго, каб Беларусь зрабілася незалежна.

Беларусь цяпер залежыць ад аднаго дастаўцы – Рasei (і газ, і нафта, і вугаль). І гэта праблема для цэлага грамадства. Бо гэты дастаўца дыктуе свае ўмовы, як нам жыць.

У выпадку з пясчанымі батарэямі, як і гравітацыйнымі, мы адкрываем магчымасць мясцовага (лакальнае) вытворчасці і захавання энергіі. Гэтая лакальнасць дазваляе нам будаваць аўтаномію – і энергетычную, і палітычную. Но пяску ў Беларусі хопіць усім. Дый зялёной энергіі таксама нам дастатковая, каб ладаваць пясчаныя батарэі, раскіданыя па ўсёй Беларусі.



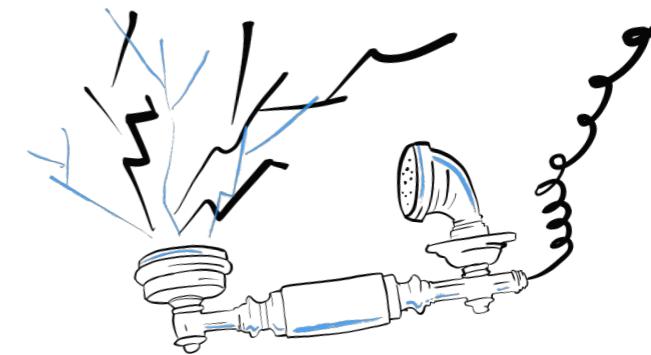
Энергетычныя свабоды даслоўна ў беларусаў пад нагамі.

- Крыніцы:**
1. Specific heat capacity (2024a) Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat_capacity
 2. Evans, P. (2020) Specific heat capacity of materials, The Engineering Mindset. <https://theengineeringmindset.com/specific-heat-capacity-of-materials/>
 3. Density (2024) Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Density>
 4. Table of specific heat capacities (2024) Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Table_of_specific_heat_capacities
 5. Table 6 thermal conductivity, specific heat capacity and density. https://help.iesve.com/e2021/table_6_thermal-conductivity_specific_heat_capacity_and_density.htm#
 6. Mjownh et al. (2023) Sand melting point: 11 facts you should know!, meltingpoints.org. <https://meltingpoints.org/melting-point-of-sand/>
 7. Housing News DeskHousing News Desk is the news desk of leading online real estate portal (2023) Density of sand in KG/m3: All you need to know, Housing News. <https://housing.com/news/how-to-measure-sand-density/>
 8. Zedníček, T. (2023) Understanding high-precision resistor temperature coefficient of resistance, Passive Components Blog. <https://passive-components.eu/understanding-high-precision-resistor-temperature-coefficient-of-resistance/>
 9. Network, eSites (no date) The performance and the operating life of a heating element depends on the properties of the material..., Heating Element Materials.

Ад Эйфэлева вежы да Нёмину
У 1889 г. Якуб Н.-Ё. браў удзел у знакамітай Парыскай выставе электрычна-тэхнічных вырабаў, дзе прэзэнтавалі ўсю тагачасную электроніку сьвету. Тады ж адкрылі Эйфэлеву вежу. (Маштаб падзеі быў такі велізарны, што горад адмысловала з гэтае нагоды ўзвеў у цэнтры 300-метровую жалезнью вежу, якую распрацаваў Гюстах Эфель (Gustave Eiffel).) Вядома, што на выставе прысутнічаў Нікала Тэслы (Никола Тесла / Nikola Tesla, які вынайшаў рухавік і генэратор пераменнага току). Дакладных звестак, што навукоўцы сустрэліся, няма. Але, мяркуючы з таго, што абодва апантана дасьледавалі электрычнасць і прытрымліваліся тэорыі этру, ёсьць высокая імавернасць, што яны мелі нагоду стасавацца. Уласна я веру, што навукоўцы ліставаліся. Верагодна, архіўныя досьледы праліюць сувязь на гэтае пытаньне.

Цікава, што Наркевіча-Ёдку і Тэслу шмат яднае: абодва зрабілі грандыёзныя адкрыцьці, абодва былі надўго забытыя і абодва апярэздзілі свой час на стагодзьдзе. Толькі імя Тэслы гучыць маштабна ў гісторыі навукі, а Наркевіч-Ёдка займае сціплае месца ў шэрагу навуковых кніг і гадак навукоўцаў.

У 1888 г. нямецкі фізык Гайнрых Гэрц (Heinrich Hertz) знайшоў пацверджанье тэорыі электрамагнітных хваляў Джэймза Максёла, і магчымасць бяздротавага перадавання сыгналаў ужо не падавалася фантастыкай. У Н.-Ё. з'явілася ідэя выкарыстаць распрацаваныні Гэрца. Ён надумаў стварыць прыбор, які здолее апавяшчаць набліжэнне маланкі.



Ужо ў 1890-м Якуб Н.-Ё. ужыў для рэгістрацыі навальнічных разрадаў свайго роду радыёпрымач. Прыбор, галоўна часткай якога служыла тэлефонная трубка, дазваляў рэгістраваць электрычныя разрады ў атмасфэры на адлегласці да 100 км. Нататку пра досьледы надрукавалі ў № 4 часопісу «Метеорологічны вестнік» за 1891 г., дзе пісалася, што 28 ліпеня 1890-га дасьледнік на зробленай паводле сваёй систэмы атмасферычнай станцыі прыняў з дапамogaю тэлефона моцныя сыгналы пра набліжэнне навальніцы. Апісаныя падзеі адбываліся ў Наднёмне. З набліжэннем навальнічных хмару «...у тэлефоне ўсё ўзыходзіць і вызыходзіц чуўся шум і характэрны трэск».

Гэтак, можна сцьвярджаць: 28 чэрвеня 1890 г. Якуб Наркевіч-Ёдка сабраў адзін зь першых – калі на першы – у гісторыі чалавецтва радыёпрымач. Вядома, што беларускі навуковец неадна-



разова паўтараў досьлед зь бяздротавым прыёмам і перадачау сыгналаў перад навукоўцамі розных краінаў. У апісаных гэтага эксперыменту знаходзім, што ў якасці дэтэктара ў прычыны Н.-Ё. выкарыстоўваў пакаёвую расыліну.

Ёсьць цікавы дакумент, які пацьвярджае прырытэт Якуба Н.-Ё. у вынаходніцтве бяздротаве перадачы сыгналаў. Гэта пратакол пасяджэння Французскага фізычнага таварыства ў Парыжы ў сінекі 1898 г. У ім адзначаецца: Оліверу Лоджу (Oliver Lodge) «належыць першая ідэя тэлеграфіі без правадоў, калі мы не пажадаем дайсці да Наркевіча-Ёдкі, ...які двумагічна гадамі раней выканаў у Вене вельмі цікавыя перадачы са шпуляй Румкарфа, злучанай зь зямлей, антэнай і прыёмнікам, створаным з антэнай і телефона, таксама заземленага (праўда, можа быць, без выразнага ўсьведамлення ролі электрамагнітных хваляў у гэтых досьледах)».

Немцы съцвярджаюць, што адным зь першых радыёпрымаč вынайшаў іхны суайчыннік Гайнрых Гэрц, італьянцы аддаюць перавагу інжынеру Гуллельму Марконі (Guglielmo Marconi), амерыканцы – Нікалу Тэслу, французы – Эдуару Бранлі (Édouard Branly), расейцы – Аляксандру Папову. Але Папоў зрабіў сваё адкрыццё на 5 гадоў пазней за Наркевіча-Ёдку – 7 траўня 1895-га. 17 траўня ў Беларусі адзначаюць Дзень радыё. Варта было б аддаць гонар свайму навукоўцу і адзначаць 28 чэрвеня, прынамсі ў Беларусі.

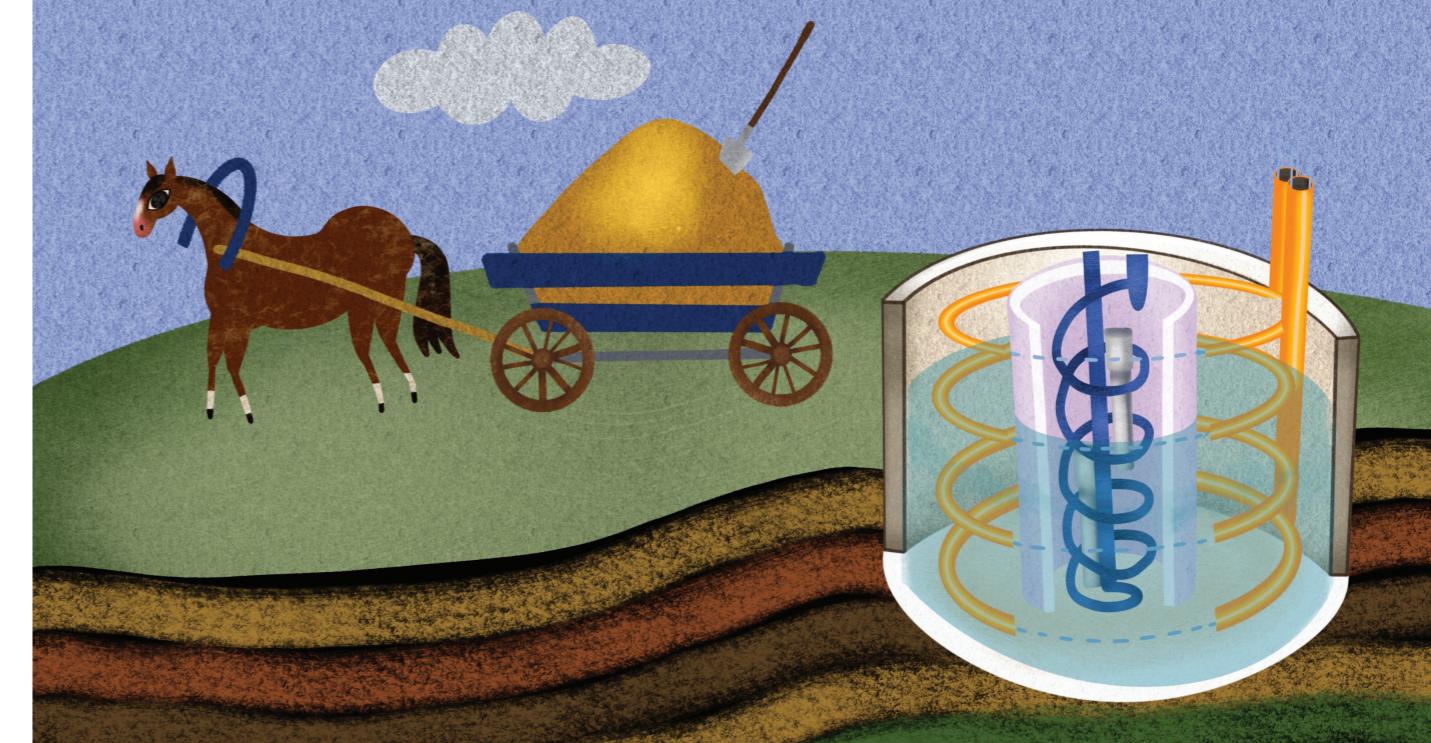
Лябараторыя ў сутарэннях

Зь імем Якуба Н.-Ё. звязаныя піянэрскія работы ў справе выкарыстанні электрамагнітнага выпраменівання газаразраднае плязмы для

візуалізацыі жывых арганізмаў ды іх практичнага ўжывання ў мэдыцыне для ацэнкі фізіялагічнага стану арганізму. У 1892 г. навуковец паведаміў пра «мэтад регістрацыі энэргіі, выпраменіванай жывым арганізмам пры ўзьдзеяньні на яго электрычнага поля», які ён называў электраграфіяй.

Досьледы наконт ўзьдзеяньні электрычнасці на чалавечы арганізм Н.-Ё. праводзіў у адмыслове аbstaляванай у Наднёмне электраграфічнай лябараторыі. Яна месцілася ў сутарэннях, дзе пераважна і прайшло напоўнене надзвычайнімі падзеямі, поспехамі і няудачамі, творчымі пошукамі і знаходкамі жыццё дасыледніка. Тут навуковец атрымаў першыя эксперыментальныя пацьверджаныні сваёй канцепцыі, што жывы чалавечы арганізм – сталая незгасальная кропніца электрычнай энэргіі. Чалавек – ня нейкая замкнёная сістэма: ягоная электрычнай энэргія вылучаецца ў навакольле, зъмяняючы яго, або, як тады казалі, зъмяняючы стан «этэру, які на падынне асяродзьдзе».

Навуковец у якасці кропніцы напружання выкарыстоўваў шпулю Румкарфа, якая прыводзілася ў дзеяньне гальванічным элементам. Н.-Ё. неаднаразова падкрэсліваў важнасць уплыву атмасфэры на вынікі эксперыменту, у тым ліку ў сваіх дакладах Інстытуту эксперыментальнай мэдыцыны, членам-карэспандэнтам якога быў з 1892 г. Зъўленыне электрычнага разраду ў паветраным зазоры паміж аб'ектам – напрыклад, рукою чалавека і рэгістральным матэрыялам, якім была фотапласцінка, – навуковец лічыў неабходнай умоваю фармавання электраграфічнага малюнку.



пяску (ці іншых матэрыялаў) нельга выкарыстоўваць эксклюзіўна. У нейкім сэнсе гэты падыход стаўся ўніверсальна даступным.

Задачы

1. Якое магутнасці неабходна ўсталяваць сонечныя панэлі ў горадзе, каб можна было нагрэць 5 тонаў пяску да тэмпературы 500°C ?

2. Колькі часу будзе награвацца 1 тона пяску да тэмпературы 500°C , калі магутнасць кропніцы энэргіі – 2000 ватаў, а ККД награвальнаага элементу – 70 %.

3. Якое супраціўленне трэба мець награвальному элементу, каб нагрэць ёмістасць з пяском вагою 1 тона да тэмпературы 500°C ?

4. Колькі трэба тонаў пяску, каб батарэя мела магутнасць 1 мегават-гадзіна і магла награвацца ад сонечных панэляў агульна магутнасцю 1000 ватаў?

5. Які матэрыял награвальніка найбольш пасуе для награвання пяску? Падумайце над задачай і прапануйце 2 варыянты, зазначыўшы плюсы і мінусы.

Яшчэ цікавінкі пра батарэі.

- Пясок, які засыпаецца ў батарэю, можа быць даволі розны – тут не неабходны кварцавы ці адмысловы будаўнічы. На прыклад, пясок з пустэльня ў таксама пасуе. Важна яго падсушыць =)

- Чым большы аб'ём батарэі, тым яна рабдзей патрабуе ладавання, то бок можа выкарыстоўвацца на доўгіх часовых дыстанцыях.

- Модульнасць пясчане батарэі дазваляе адносна лёгка маштавацца і разгортвацца ў новых умовах.

БОНУС
Я прыдумаў некалькі практыкаарыентаваных задачаў. Хто знайдзе рагшэнне, дасытайце ў пошту рэдакцыі – атрымаеце прыз ад мене і камунікацыю. Магчыма, мы нешта зробім разам =)



Амерыкі замяраў дынаміку ахалоджвання сваёй пясчанай батарэі і атрымаў цікавы вынік.

Праектуючы нашу сонечную батарэю, мы разумеем, на што будзе расходавацца накопленая энергія: абагрэў цяпліцы, дому або вады ці на выпрацоўванне электрычнасці. Ад гэтага залежыць, якія дадатковыя кампаненты мы будзем усталёўваць. Напрыклад, калі на выхадзе батарэі нам патрэбнае гарачае паветра, мы можам усталяваць рухавік Стэрлінга (Stirling engine), што дапаможа запусціць электрагенераторы прамога току, напрыклад.

На другой схеме вы можаце ўбачыць схематичную структуру пясчанае батарэі.

Наколькі гэта дарагая тэхналогія

Закранём найбольш відавочныя кошты для тэхналогіі, звязаны з захаваннем энергіі.

1. Асноўны(я) матэрыял(ы) для акумулявання энергіі.
2. Кошт адзінкі энергіі для ладавання.
3. Інфраструктура і яе абслугоўванне.
4. Тэхналогія (калі ёсць актыўныя патэнты).
5. Дастава энергіі спажывцу.

Кошт пяску. Пясок – асноўны матэрыял, які будзе захоўваць энергію. Напрыклад, у Польшчы тона пяску каштуе 15–20 злотых, у Беларусі – 7–12 рублёў. Атрымліваецца прыблізна 4–5 долараў у Польшчы і 3–4 долары ў Беларусі. Для малых праектаў, магчыма, дастаткова будзе 5–20 тонай пяску, што каштуе як адзін паход у краму па прадукты.

Акрамя пяску, можа быць жвір [13].

Кошт адзінкі энергіі. Найлепей пасутоў крыніцы ўзнаймлільнай энергіі: калі яны не ўжываюцца, іх кошт мінімальны. Таму мы можам карыстацца энергіяй сонца ці ветру. Найбольш даступна цяпер у сваім агародзе мець сонечныя панэлі.

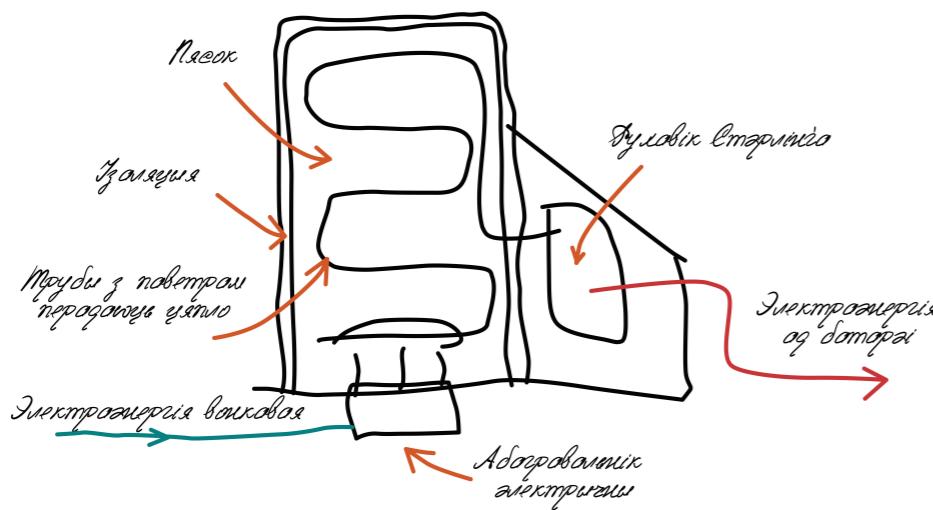


Схема пясчанай батарэі

Кошты на інфраструктуру шмат у чым залежаць ад мэты. З базавага нам спартрэбяцца: ёмістасці для пяску (гальванізацыя); трубы, у якіх будзе цыркуляваць паветра (вада?); награвальныя элементы, што адпавядаюць аб'ёму пяску; правады, цеплаізоляцыя (матэрыялы з высокаю цеплаістойлівасцю і нізкаю цеплаправоднасцю адначасова), сістэма кантролераў, рэле і датчыкаў, якія аўтаматызуюць працэс награвання і астуджэння батарэі.

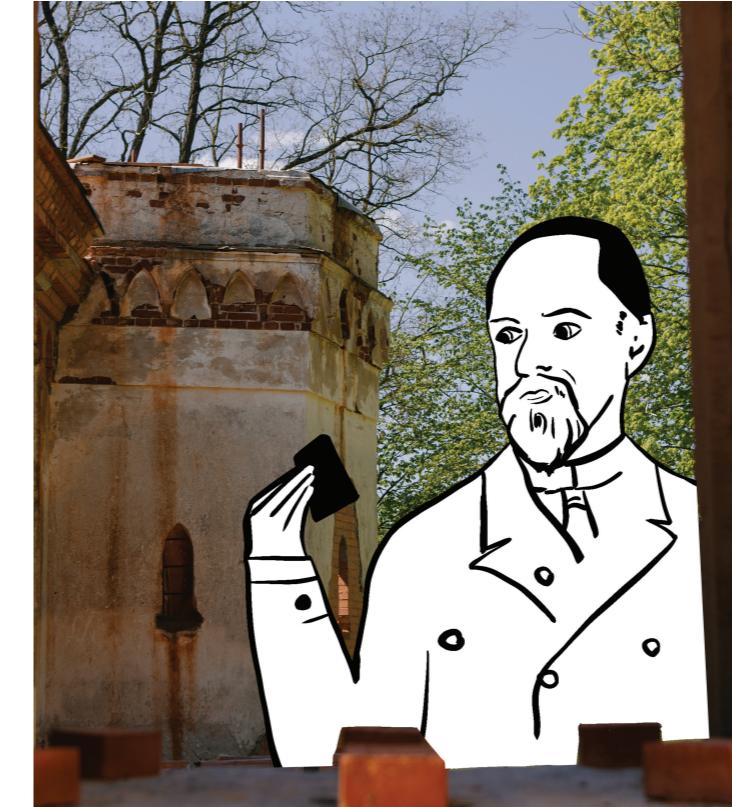
Для выкарыстання энергіі сонечнае батарэі для ацяплення спартрэбіца турбіна (кулер) адпаведнае моцы, што можа пампаваць гарачае паветра ці ваду па трубах. Калі нашая мэта – электрычнасць, значыць, яшчэ трэба будзе генератар (Стэрлінг, напрыклад).

Абслугоўванне. Гэта асобнае пытанне. Магчыма, толькі практична праверыць, як часта трэба мяніць пясок, ці сушыць яго.

Дастава спажывцу. Калі гэта генератар на вашым гародзе, тут выдаткі будуць на тое, каб улучыць у сетку абагрэву ці электрычнасці. Такія выдаткі будуць для любой іншай сістэмы.

Новая тэхналогія найчасцей каштуе даражэй за агульна прынятую і пастаўленую на паток традыцыйныя падыходы. Першыя прататыпы – звычайна ручное працы, дый эксперыменты і даследаванні забіраюць свае гроши. Але калі казаць пра энергетычную бяспеку, гэты праект не выглядае вельмі касмічным. Амаль усе кампаненты можна замовіць онлайн (Amazon, AliExpress) ці набыць у мясцовых крамах.

Важна заўважыць, што тэхналогія пясчаных батарэй для сучасных патрэбай з'явілася ў канцы 1970-х, але тэхналогія так і не была зреалізаваная для камерцыйнага выкарыстання. Шмат з таго, што цяпер з'яўляецца, ёсць прадуктам працы пакаленняў навукоўцаў і вынаходнікаў. Што яшчэ тут ключавое: сам спосаб атрымання рознай энергіі з цяпла



З 1893 г. мэтад электратэрапіі знайшоў шырокое ўжыванье ў санаторы «Наднёман», што прызначаўся для лекавання паралізаваных і нэрвовых хворых. Электраграфічныя фатаграфіі адлюстроўвалі гісторыю хваробы пацэнтатаў, фіксуючы ўсе змены ў організме хворага падчас лячэння. У санаторыі лекаванье электрычнасцю дапаўнялася воднаю, паветранаю, сьветлавою і магнітатэрапіяй, гіпнозам і музичною тэрапіяй, гімнастыкаю, лячэннем кумысам і кефірам, а таксама выкарыстаннем мясцовых мінеральных водаў.

Як доктар Н.-Ё. прапагандаваў гігіенічныя ўмовы жыцця сярод мясцовага насельніцтва, надаваў дармовую мэдычную і амбуляторную дапамогу бедным сялянам. За свой кошт набыў супрацьдыхтэрыйную сіваратку для мясцовага насельніцтва ў Інстытуце эксперыментальнай мэдыцыны, і яе выкарыстанне прынесла добрая вынікі.



Польскі доктар у Рыме

У Рыме некалькі тыдняў бавіўся доктар Якуб Наркевіч-Ёдка, электроляг, уладальнік маёмы і электранэўрапічнай установы ў мэйнтку Наднёман Менскай губэрні. Спадар Я. Наркевіч-Ёдка прачытаў тут колькі лекцыяў спецыялістам, якім прэзэнтаваў уласны досьвед у полі электраграфіі ды свой мэтад ўжыванья электрычнасці. Нядайна створаны ў Рыме кінесіраптэутычны інстытут, што мае на мэце лекаваць нэрвовыя хваробы электрычным масажам, назначаў спадара Наркевіча-Ёдку ганаровым кансультантам і ўвёў ягоны мэтад у лекавальную практику.

**La photographie de l'électricité**

Un avant russe, précédé de l'approbation des avants étrangers, M. de Narkiewicz-Jodko, membre de l'Institut Impérial de médecine de Saint-Pétersbourg, a quitté sa résidence de Paris une série de photographies doublesment curieuses par les rapports profonds qu'elles démontrent entre l'électricité et notre organisme.

Considérant l'électricité comme la force vitale première, d'où découlent toutes les autres transformations successives dans la Nature, M. de Narkiewicz a pensé que l'électricité, possédant de cette Nature, et plongée dans cette atmosphère chargée d'électricité, devait puisez la force ignorée qui le fait vivre.

Il a vu dans l'être une véritable pôle électrique qui reste en contact avec le milieu ambiant, par l'échange constant du fluide électrique, appelle par lui principe vital.

Réunis chez lui ces derniers soirs, des savants français qui se sont spécialement occupés de ces études, le colonel de Rochas, professeur à l'École Polytechnique, les docteurs Baraduc, Gouzevitch, Kacinski, l'abbé Paul Richer, Vigouroux, etc., ont terminé avec intérêt les photographies et curioses que M. de Narkiewicz a faites des étincelles magnétiques obtenues à la surface du corps humain.

Ces épreuves affectent la forme d'une boule lumineuse, présentant plus ou moins d'irradiations et de fines arborescences, suivant que le sujet est sain ou malade, nerveux, sanguin, ou de vigueur exceptionnelle.

Dans ce dernier cas, on assiste, sur le cliché, à une véritable explosion de molécules électriques.

Les chercheurs français que nous citions plus haut ont été davantage plus séduits par les expériences et les démonstrations de M. de Narkiewicz-Jodko, qu'elles leur apportaient la confirmation de leurs propres travaux.

Nous ne pouvons, malheureusement, nous entendre ici sur les procédés même du docteur russe, dont l'exposé sera trop technique. Contentons-nous de dire avec M. Vigouroux, médecin de la Salpêtrière, qu'une science nouvelle est née.

Фотаздымак электрычнасці

Раней прызнаны замежнымі навукоўцамі спадар Наркевіч-Ёдка, чалец Імпэраторскага мэдычнага інстытуту ў Санкт-Петраўбурзе, пакінуў сваю рэзыдэнцыю Наднёман, каб прывезці калегам у Парыжы сэрыю фотаздымкаў, удвая цікавых тым, што дэманструюць глыбокую сувязь паміж электрычнасцю і нашым арганізмам.

Разглядаючы электрычнасць як першасную жыццёвую сілу, з якой у выніку пасълядоўных пераўтварэнняў у прыродзе выцікаюць астатнія, спадар Наркевіч уважае, што чалавек падае ад гэтай прыроды і, пагружаны ў заладаваную электрычнасцю атмасферау, мае чэрпаць з яе невядомую сілу, якая робіць яго жывым.

Гэтыя ўзоры маюць форму бліскучага шара, які дэмантруе большае ці меншае сувязчыне і дробныя адгалінаванні, у залежнасці ад таго, які суб'ект – анемічны, нэрвовы, сангвінік ці надзвычай энергічны.

Ен бачыў чалавека сапраўдна электрычна батарзяй, які застаецца ў кантакце з навакольным асяроддзем з дапамогаю сталага абмену электрычным патокам, і называў гэта жыццёвым прынцыпам. Французская навукоўцы, сабраўшыся ў калегі ў гасцініцы апошнімі днімі, асабліва зацікаўлены ў гэтых дасьледаваньнях. Палубонік д'Раша, прафесар Політэхнічнай школы, дактары Барадук і Жорж Анкос, д'Арсанваль, Поль Рышэ, Вігуру ды іншыя з цікавасцю разглядали фатаздымкі магнітных выбліскі на паверхні чалавечага цела, зробленыя спадаром Наркевічам.

З перакладам дапамагалі
Ліна Мядзведзея,
Соня Карусейчык,
Надзея Клячына

Sic transit gloria mundi*

Улетку 1895 г. у Парыжы сустрэліся французскі публіцыст Марус Дэкрап (Marius Decrespe) і наш суйчыннік Якуб Наркевіч-Ёдка. Дэкрап задумай напісаць эсэ пра жыццё беларускага навукоўца. Прыйчына сталася ягоная неймаверная папулярнасць у Францыі ды іншых краінах Эўропы. Кнігу надрукавалі ў Парыжы ў 1896-м. Вось як Дэкрап апісаў Ёдку: «Сярэдняга росту, жывавы, з мяккай жэстыкуляцыяй і праніклівым позіркам, з хрыплаватым і ў той жа час вельмі мяккім голасам, ён уяўляе сабою тыповы прыклад зъмешвання заходняга славяніна з унутраным містыцызмам пайночных народоў і неўтаймаваным энтузіязмам жыхароў Міжземнамор'я. Такія людзі не застаюцца не звойнікі, яны не пакідаюць абыякавымі тых, хто іх ведае, – нямногія застаюцца абыякавымі да ўплыву, які ідзе ад іх асаблівага зачараўаньня, поўнага такту і зычлівасці».

Унёсак Н.-Ё. у навуку атрымаў высокое прызнанье. За працы ў галіне электрычнасці ды яе дастасаванне ў электратэрапіі яго абралі сябрам-працаўнікам фізычнага аддзялення Расейскага фізична-хімічнага таварыства пры Пецярбурскім універсітэце, членам-карэспандэнтам парыскага мэдычнага, фізычнага, магнэтычнага таварыстваў і Таварыства электратэрапіі, сябрам Італьянскага мэдычна-псы-

халягічнага таварыства, ганаровым сябрам Фізычна-матэматычнага таварыства Галілея ў Флярэнцыі. У 1893-м за арыгінальны спосаб ужываць электрычнасць у мэдыцыне і сельскай гаспадарцы навукоўцу надалі ступень доктара Венскага мэдычнага таварыства. У 1892-м яго ўзнагародзілі дыплёмам Італьянскага мэдычна-псыхалягічнага таварыства за працу «Суданосіны паміж фізіялёгіяй і электрычнасцю». А ў 1895-м – дыплёмам Сходу аховы здароўя Расеі за заслугі ў галіне гігіёне і грамадскай аховы здароўя, у 1901-м на юбілейнай сельскагаспадарчай выставе ў Менску – бронзовым мэдалём за лекаваньне кумысам. Прыйнаныне шматлікіх навукоўцаў і навуковых таварыстваў атрымалі працы ў дасьледаванні атмасфернай электрычнасці ды яе выкарыстанні ў сельскай гаспадарцы. За заслугі ў галіне мэтэаралёгіі па рэкамэндацыі прэзыдента Пецярбурскай акадэміі навук Н.-Ё. узнагародзілі ў 1900-м ордэнам Святое Ганна II ступені, у 1891-м – срэбным мэдалём Расейскага геаграфічнага таварыства.

Сам жа Ёдка сваю працу ацэньваў досыць сціпла: «Я сабраў мнóstva матэрыялаў, але яшчэ патрабуецца шмат намаганняў, шмат досьледаў і сродкаў на гэта, каб зрабіць больш дакладныя высновы... Спадзяюся, што мая праца праз некаторы час, магчыма, і дасыць вынікі і сціплую маю лепту навуцы».

* З латыні – «Гэтак мінае слава людзкай».

У апошнім выпадку на фатаздымку мы назіраем сапраўдны выбух электрычных малекулаў.

Ёсць шэраг іншых сплаваў, якія падыдуць, бо награваць пясок нам трэба будзе да тэмпературы 500–600 °C.

Пры чым тут закон Ома?

У нас ёсць аб'ём пяску і награвальны элемент. Маленькім награвальным элементам можна не здолець награваць, напрыклад, некалькі тонаў пяску на свае патрэбы. Тому разуменне супраціўлення награвальнага элемента да намагчымасць разлічыць выходную магутнасць награвальнага элемента ды эфектуна награваць ім пэўны аб'ём пяску. Дарэчы, чым большы аб'ём пяску, тым больш эфектуная пясчаная батарэя.

З закону Ома мы ведаем, што напружэнне = сіла току * супраціўленне.

Напрыклад, супраціўленне нашага награвальнага элемента – 100 Ом.

У нас ёсць 6 панэляў па 34 выхадныя вольты. Сумарна маем вольтаў 204.

Сіла току роўная $204/100 = 2.04 \text{ A}$

Магутнасць = сіла току * напружэнне
 $= 2.04 * 144 \text{ вольты} = 294 \text{ ватаў}$ дае наш награвальны элемент.

Блогер эксперыментальна нагрэў з 25 кілаграмаў пяску награвальнікам 15 Ом за некалькі гадзін да 120°C [10].

Згадаем формулу цеплаёмістасці:

цеплаёмістасць 1.6 тоны пяску (тэрмальная маса) = адносная цеплаёмістасць * 1.6 тоны (маса) = 1200 кДж/К .

Вылічыць, напрыклад, тэрмальную энергію тут не складана. Яна роўная тэрмальнай масе, памножанай на разніцу тэмпературы, на якую мы хочам награваць цела. Пакуль мы гэтае раз-

ніцы не ведаем. Таму папрацуем з тэрмальнаю масаю, бо яна дае разуменне энергіі для змены 1 куба пяску на 1 градус.

Прыменім першы закон Джоўля для разумення, колькі часу спатрэбіца на гэтае награванне і ці правільна мы абралі награвальны элемент (або магутнасць сонечных панэляў):

энергія = $(\text{сіла току})^2 * \text{супраціўленне} * \text{час}$.

Час = энергія / $(\text{сіла току} \cdot \text{квадраце супраціўленне}) = 34 \text{ хвіліны}$ ў такім раскладзе награвацца наш куб пяску на 1 градус.

У гэтым прыкладзе я паказаў, як награвальны элемент, дакладней – крніца электрычнай энергіі і награвальныя элементы, узаемадзеюць, каб атрымаць рэалістычны і практичны вынік [11].

Трэба прызнаць, што награванне пяску адбываецца нераўнамерна праз цеплаправоднасць, у адрозненне ад вадкіх рэчываў ці газаў, дзе адбываецца канвекцыя. Тэмпература вакол награвальных элементаў можа быць значна большая, чымся з краю. Нягледзячы нават на добрую цеплаізоляцыю.

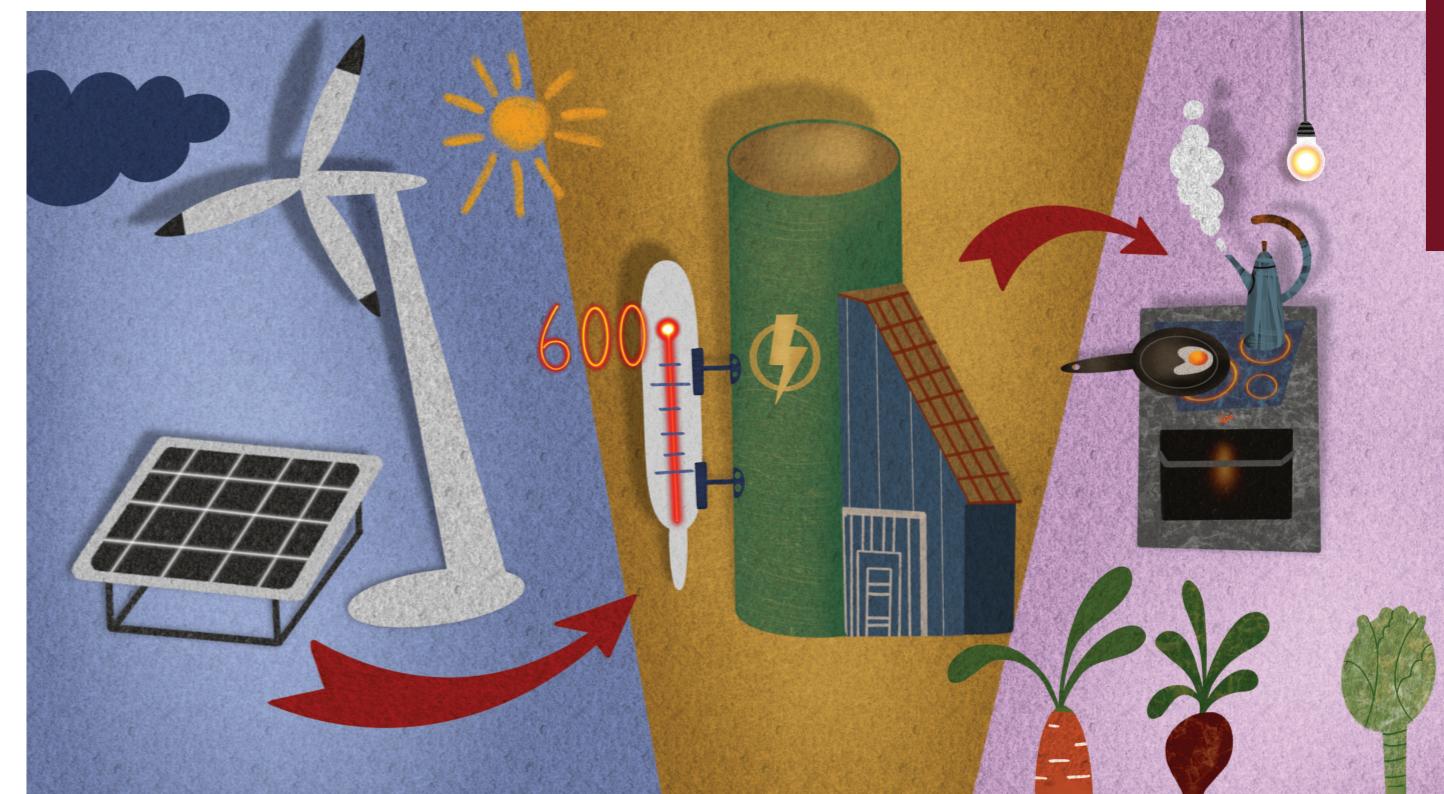
Пераўтвараем цяпло ў электрычнасць

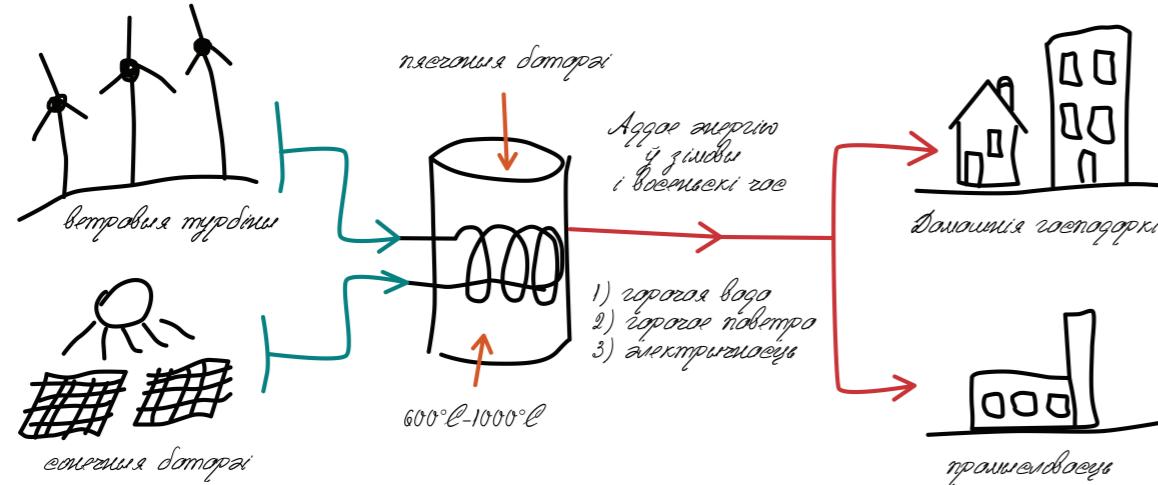
Нагрэты да $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$ вялікі аб'ём пяску ў цеплаізоляцыйных формах могуць ахалоджацца месяцамі. Гэта даволі зручна ў халодны сезон [12].

Ют'юбер-эксперыментатар нагрэў сваю батарэю да 250°C у хатніх умовах. Па-першое, ён амаль не выкарыстоўваў ніякай спецыяльнай ізаляцыі. Ягоная тэхналогія вельмі простая: пастаўлены адно ў адно вёдро і дзве сонечныя панэлі. Пасля Майк з



Рэзультат





стане мяніе агрэгатны стан і робіцца парай. А гэта зусім іншыя ўласцівасці, якія патрабуюць іншага падыходу ў назапашванні (балоны высокага ціску). Дый памятайма: газы гублююць сваю прыцягальнасць, бо іх энергетычная шчыльнасць (тэрмальная маса) не такая вялікая, як у цвёрдых рэчаў.

Паглядзім на пясок. Самая нізкая тэмпература яго плаўлення = 1600 °C [6]. Калі ж узяць ня-чысты, то бок з іншымі мінераламі пясок (такі сустракаецца часцей за SiO₂), дык яго тэмпература плаўлення можа быць 2000 °C і больш [7].

Этак, мы можам разаграваць пясок да тэмпературы 500–600 °C і больш, не пераймаючыся магчымаю зменай яго агрэгатнага стану. Гэтая ўласцівасць дзе большы патэнцыял у захоўванні энергіі і перавагу над вадою.

Дарэчы, разагрэць пясок да 250–300 °C не ўяўляе вялікае тэхнічнае праблемы нават у хатніх умовах. Глядзіце відэа, а лепш – канал амерыканца Майка. Ён апантаны блогер-экспериментатар і фанат пясчаных батарэй, вядзе канал з выразнаю назваю Off-grid Survival Mike і смажыць сабе рыбу на пясчанай батарэі.



Электрычнасць – у цяплю
Вядома, разаграваць пясок можна выкапнёвым палівам ці, напрыклад, дровамі, як гэта зрабіў іншы экспериментатар для падагрэву дому.

У гэтым выпадку я хачу разабрацца менавіта з максімальна аўтаматызаваным падыходам: атрыманнем цяпла для нашае батарэі з лішкай зляёнай электраенергіі. Значыць, наш пясок будзе разагравацца з дапамогай электрычнасці найкім награвальнікам.



Напрыклад, для свайго эксперыменту брытанскі ёк-фізік бярэ звычайны награвальны элемент для электрачайніка за 5 фунтаў.

Наш награвальны элемент будзе награваць не ваду, а пясок.

Трэба высветліць, якімі ўласцівасцямі мусіць на-агул валодаць награвальныя элементы.

1. Высокая тэмпература плаўлення. Батарэя будзе амаль увесе час трываць высокую тэмпературу (гэта яе асноўная ўласцівасць).
2. Устойлівасць да акіслення. Пясок можа ўтрымліваць кісларод, ваду і розныя мінералы.
3. Стрэсаустойлівасць матэрыялу. Сталыя стрэсавыя ваганні на высокіх тэмпературах могуць стаміць награвальнікі.
4. Пластычнасць матэрыялу. Бо, магчыма, трэба будзе адаптаваць награвальны элемент пад форму (спіраль).
5. Высокое супраціўленне.
6. Нізкі тэмпературны каэфіцыент супраціўлення, які паказвае, як змяненца супраціўленне рэчыва пры змене тэмпературы. У нашым выпадку чым меншы такі каэфіцыент, тым лепш [8].

Насамрэч дастаткова і больш-менш даступных, і дарагіх сплаваў для награвальных элементаў на высокіх тэмпературах. Напрыклад, никел-хромавы сплав дае 40 Ом на 1 см, маючы пункт плаўлення 1400 °C, з тэмпературным каэфіцыентам 0.0004 / °C, устойлівы да эрозіі. Ці жалезна-хромавы алюміневы сплав дае 145 Ом на 1 см, маючы пункт плаўлення 1500 °C, з тэмпературным каэфіцыентам 0.000001 / °C і высокай устойлівасцю да эрозіі [9].

Падчас паездкі ў Вену ў 1905 г. здароўе Н.-Ё. раптоўна рэзка пагорышлася, ён неўзабаве памёр ува ўзросце 57 гадоў. Цела перавезлы на радзіму і пахавалі на сямейных могілках блізу Наднёману.

На жаль, лёс маўтку і санаторию ў Наднёмане сумны. У 1921 г. у Кракаў фактычна ўцёк яго апошні ўладальнік – Конрад (сын Якуба Н.-Ё.), а пры новых уладах маёмасць раскрапі, будынкі былі закінутыя. Цяпер жа трываюць аднаўленчыя працы маўтку.

Спадзяюся, гэтае падарожжа ў жыцьцё Якуба Наркевіча-Ёдкі вас захапіла. Прынамісі рэдакцыя зіну Ратыўка яўна натхнілася постасцю беларускага навуковца і ўшанавала памяць суйчынніка, назваўшы ягоным імем калайдэр. Веру, што калі-небудзь будзе аддадзены гонар ягонае постаці – і пэўная вуліца сталіцы будзе насіць імię Якуба Наркевіча-Ёдкі.

Крыніцы:

1. Грыбкоўскі, В. П. Прафесар электраграфіі і магнетызму: Якуб Наркевіч-Ёдка / В. П. Грыбкоўскі, В. А. Гапоненка, У. М. Кісялёў. – Мінск: Навука і тэхніка, 1988. – 69
2. La Vigie algérienne: journal des intérêts coloniaux, Avril 20, 1894
3. Dziennik Chicagoski (Chicago [III.]), June 3, 1897
4. <https://www.youtube.com/watch?v=2RhFQLNBMw>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=cRHsZm1EY3s>





АБАТ ГЕНЭТЫКІ

Д-Р СВЯТЛНА КАБАНАВА

Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
ДАША ЕРАХАВЕЦ



Перад чалавецтвам стаіць цікавы выклік: як не толькі збіраць энергію, але і захоўваць яе ў вялікіх аб'ёмах ды выкарыстоўваць пры патрэбе.

Як выкапнёвыя, гэтак і аднаўляльныя крыніцы здольныя даваць энергію, калі мы іх беспасярдне ўжываєм. Напрыклад, спальваем газ ці дровы, каб яны давалі энергію (цяпло ці электрычнасць). Як толькі мы перастаём іх спальваць, патрэнага нам віду энергіі (цеплавой ці электрычнай) няма. Тое ж адбываецца і з аднаўляльнымі крыніцамі. Возьмем вешер ці сонца: пакуль яны ёсць, нам прыходзіць энергія, але ўнахці ці пры бязветраным надвор'і мы гублем магчымасць мець такую энергию.

Каб захоўваць энергию, людзі вынайшлі прыстасаванні і назвалі іх акумулярамі (батарэмі). Шырокі распаўсюд атрымалі хімічныя акумулятары: літіевыя, нікель-кадміевыя, кобальтавыя і шэраг іншых. Але гэтыя акумулятары: а) дарагі (асабліва вялікіх ёмістасцяў), бо патрабуюць рэдказямельных элементаў (за якія, дарэчы, шмат дзе ў свеце ідзе калі не вайна, дык эксплуатацыя рабскага сілы); б) брудныя для глебы, бо выкарыстоўваюць таксічную электраліты – як падчас вытворчасці, гэтак і пасля выкарыстання (утылізацыя).

Ёсць альтэрнатыўныя акумулятары энергіі, яны экалагічныя і могуць канкураваць з канвенцыйнымі. У папярэднім сваім артыкуле (читайце № 1 зіну Раму́тка) я апісваў тэхналогію, якія ляжаць у аснове гравітацыйных батарэй. У гэтым матэрыяле я апавяду пра батарэі, заснаваныя на ўласцівасцях пяску. Іх энергію можна ўжываць для абагравання дамоў, цяпліцаў, генераванні пары для індустрыйнае вытворчасці ці выпрацоўвання электрычнасці.

Такія батарэі магчыма рабіць у прамысловым маштабе і для сваёй гаспадаркі ці дому. Зараз мы даведаецца, як тэхналогія пясчаных батарэй працуе і што ўжо ёсць у свеце.

Уласцівасці матэрыялаў назапашваць цяпло

Цеплаёмістасць

Паспрабуем разабрацца, чаму менавіта з фізічнага гледзішча людзі спыніліся на пяску.

Існуе ўласцівасць рэчываў і матэрыялаў – утрымліваць цяпло. Яе называюць адноснаю (ці удзельнаю) цеплаёмістасцю матэрыялу. Гэта харектарыстыка паказвае, колькі траба патратіць джоўляў энергіі, каб нагрэць адзін кілаграм рэчыва на адзін кельвін.

Формула адноснае цеплаёмістасці (specific heat capacity) [1]:

адносная цеплаёмістасць = энергію / (масу (1 кілаграм) * тэмпературу (1 кельвін)).

Стандартныя ўмовы – гэта 15°C і ціск 101,325 кПа.

Напрыклад, сярод вадкіх рэчываў вада мае найбольшую цеплаёмістасць. Дарэчы, вада лідаруе і сярод цвёрдых прыродных матэрыялаў. Якую ж яшчэ ўласцівасць мае пясок, што можа нам спатрэбіца для батарэяў?

Цеплаёмістасць вады роўная 4184, у цэглы – 841, у вугалю – 1262, нарэшце ў пяску – 710–780, а вось у жалеза – 462. Відаць, што пясок – сераднячок паводле цеплаёмістасці [2].

Шыльнасць энергії, ці тэрмальная маса

Мы ведаем, што кілаграм рэчыва можа займаць і малыя аб'ёмы (напрыклад, металы) і даволі вялікія, калі гэта нейкі газ. Таму спецыфічная цеплаёмістасць паказвае, як можа назапашвацца энергія, але не дае вычарпальнага адказу.

Трэба, каб рэчыва было і кампактнае, і магло ўтрымліваць вялікую колькасць цяпла, паступова аддаючи яго. За гэта адказвае іншая ўласцівасць – тэрмальная маса.

Чым больш устойліві матэрыял ці рэчыва да ваганняў тэмпературау (сезонных ці дзённых), тым большая тэрмальная маса (thermal mass). Тут таксама можна прымяніць формулу:

тэрмальная маса = адносную цеплаёмістасць * масу цела.

Калі мы хочам даведацца тэрмальнай масы для адзінкі аб'ёму ($= 1 \text{ m}^3$), дастаткова замест масы паставіць шыльнасць рэчыва.

Калі возьмем шыльнасць пяску, атрымаем [3, 4]:

тэрмальная маса (пяску) = $750 * 1600 \sim 1200 \text{ кіладжоўля } / \text{кельвін}$.

Спатрэбіца для разагравання аднаго кубічнага метра пяску на адзін кельвін. Іншымі словамі, 1.2 МДж энергіі будзе ўтрымлівацца ў кожным градусе пясчанага куба з бокам 1 метр.

Дарэчы, відаць, як газы, пры магчымасці мець высокую цеплаёмістасць, за кошт сваёй малой шыльнасці маюць даволі невялікую тэрмальную масу. Напрыклад, той жа вадарод у выніку мае тэрмальную масу = $14300 * 0.0898 = (усяго!) 1483 \text{ джоўлі } / \text{кельвін}$. Гэта ўжо зусім няшмат: напрыклад, тая ж вада будзе мець 4184 кДж/К. Пяску ўсё ж яшчэ далёка да таго, што мае вада. Але ўжо не такі вялікі разрыў. Тым больш ёсць яшчэ адна цікавая ўласцівасць, якая нам спатрэбіца ў складанні гэтага пазлу [5].

Тэмпература плаўлення

З вадой ёсць праблема. Напрыклад, калі мы захочам назапашваць тэмпературу больш за 100°C . А практична гэта мае сэнс. Вада ў такім