

KONSTRUKCIÓ
TERMIKUS és MECHANIKAI
IGÉNYBEVÉTELEK,
VIZSGÁLATOK

ea: dr. Bánfalvi Antal
V1/105 labor

A konstrukció és a konstruktőr

Mi a konstrukció?

C. Harper: átfedő szakterületek összessége

Dr. Almássy: ...funkcionális kialakítás a feladat megfogalmazásától a gyárt. dok.-ig.

Wittine L.: A konstruktőr ismeri a műszereket, a gépeket és a technológiákat.

Nagyon fontos a specifikáció pontosítása, azért hogy elkerüljük a újratervezési fázisokat.

DDF=Design Definition File – fogalom (ESA), használatával csökkenthetők a félreértések.

Az űrkutatás célú készüléképítés specifikumai

A Földön kívüli térség vizsgálata.

Környezeti tényezők:

Nagy vákuum, sugárzások, széles hőmérsékleti tartomány, a pályára álláshoz a hordozó rakéta működése miatt rázkódások.

A II. világháború után jöttek létre a technikai feltételek.

Űrügynökségek alakultak: Roscosmos, NASA, ESA, CNSA, ISRO, JAXA, DLR, CNES, stb.

Tervezés, létesítés /gyártás/, tárolás, start, működési ciklusok, passziválás – űrszemét.

Anyagok, technológiák.

Távlatok: bányászat, „deep space” programok, űrturizmus, hosszú idejű űrutazás, hadászat, SSETI stb.

Az űrkutatás célú készüléképítés specifikumai

ASI: Agenzia Spaziale Italiana,
BNSC: British National Space Centre
CSA: Canadian Space Agency
ASO: Australian Space Office
CNES: Centre National d'Études Spatiales
CNSA: China National Space Administration
DLR: Deutsche Gesellschaft Luft und Raumfahrt
ESA: European Space Agency
ISRO: Indian Space Research Org.
JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency
KARI: Korean Aerospace Research Institute
NASA: National Aeronautics and Space Administration
NSAU: National Space Agency of Ukraine
Roscosmos: Федеральное Космическое Агенство
HSO: Hungarian Space Office

I avlatok.

Az űrkutatási célú készüléképítés specifikumai

Hol kezdődik?

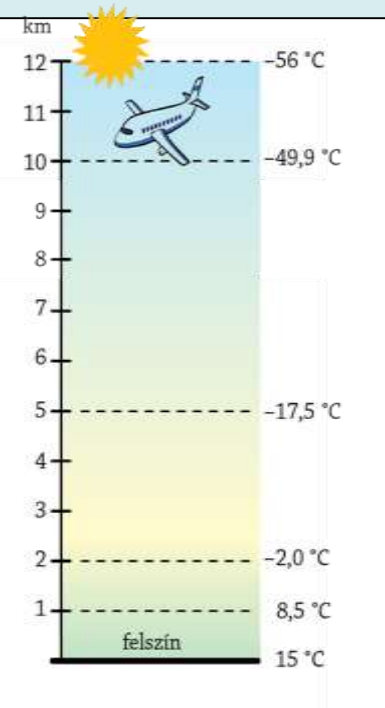
10 km utasszállítók átl. repülési magassága,
30-50 km kutató ballonok,
az ISS pálya 270-460 km közötti,
a szinkron holdak 36 000 km magasan „állnak”,
a Hold 384 400 km távol van,
10 km magasan már „csak” 10 kPa a nyomás /1.02atm.=100kPa/
100 km magasan már 0.1 kPa,
a Holdnál $10E-10$ kPa.

A szabad úthossz: 100 kPa - 60nm

0,1 kPa - 60 μ m

$10E-10$ kPa - 600m (napszél).

A Föld mágneses tere a Nap felőli oldalon $\approx 10 R_e$ ($R=6378$ km)



Alapanyagok, technológiák.

Távlatok.

IGÉNYBEVÉTELEK

Termikus

Mechanikai

Sugárzások

Termikus igénybevételek

A hőmérséklet egy állapotjelző

Az előadásban átnézzük

- a hőterjedési módokat
- megvizsgáljuk, hogy az elektromos alkatrészek bizonyos adatai hogyan változnak a környezeti hőmérsékletváltozás hatására.

A hőterjedés módjai:

- Hővezetés
 - Hőáramlás
 - Hősugárzás
- Hőátadás

HŐVEZETÉS

A hővezetés a hőterjedés azon fajtája, amikor a hőenergia szilárd testekben vagy **nyugvó** közegben terjed, de

anyagáramlás nem történik.

A termikus OHM törvény:
$$R_{th} = \frac{\Delta t [K^\circ]}{Q[W]}$$

R_{th} : hőellenállás, $[K^\circ/W]$,

Δt : hőmérsékletkülömbőség, $[K^\circ]$,

Q : hőáram $[W]$,

Az anyagok jellemzésére a *hővezetési tényezőt* szeretjük

használni:
$$\lambda = \left[\frac{W}{mK^\circ} \right]$$

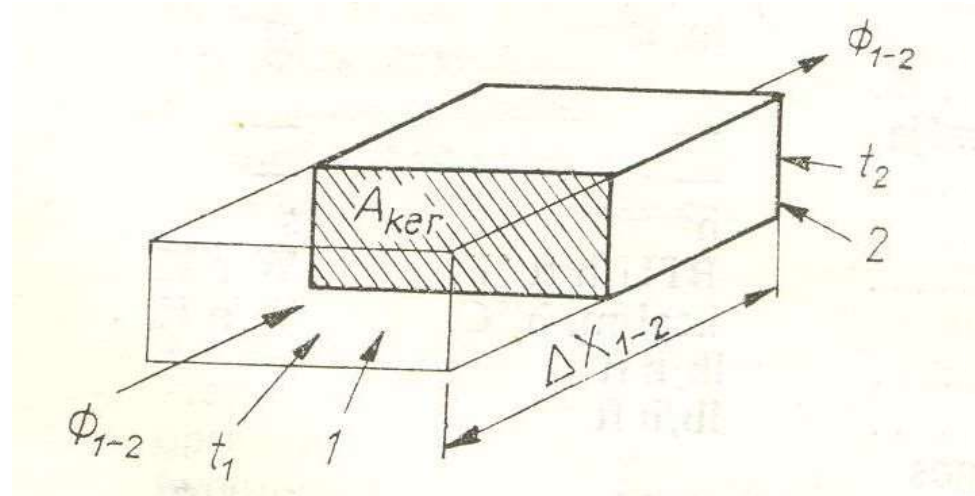
A hővezetési tényező a fajlagos hő-ellenállás reciproka.

$$\zeta_{th} \text{ [mK}^\circ\text{/W]}, \quad \frac{1}{\zeta_{th}} = \lambda \text{ [W/ mK}^\circ\text{]},$$

A modellt tekintve
a λ fordítva arányos
a keresztmetszettel
és a hőfok-különbséggel, és
egyenesen a távolsággal:

($Q=\varphi$)

$$\lambda = Q \cdot \Delta x / A \cdot \Delta T \text{ [W} \cdot \text{m/m}^2\text{K}^\circ\text{]}$$



A hő vezetéssel terjedésekor a test magasabb hőmérsékletű helyén levő és nagyobb kinetikus energiával rendelkező molekulák (atomok) érintkezés folytán energiát adnak át az alacsonyabb hőmérsékletű helyen levő kisebb energiával rendelkező részecskének.

Minél szorosabb a kapcsolat a molekulák illetve az atomok között, annál jobb az energiaátadás.

Ezért jobb hővezetők a szilárd testek, és rossz hővezetők a gázok.

Fémeknél a hőenergia továbbításában lényeges szerepet játszanak a kristályrács atomjai, melyek egyre nagyobb amplitudóval rezegnek a hőmérséklet emelkedésével.

A szabad elektronok is részt vesznek a hővezetésben de nincs töltésáramlás!

A hővezetés és az elektromos vezetés között arányosság van.

Ezt fejezi ki a Franz-Wiedemann törvény: $\frac{\lambda}{\sigma} = L \cdot T$

L: Lorenz szám: $2,45 \left(\frac{\text{V}}{\text{K}^\circ} \right)^2$

T: abszolút hőmérséklet [K°]

λ : hővezetési tényező $\left[\frac{\text{W}}{\text{mK}^\circ} \right]$

σ : elektromos vezetés $\left[\frac{1}{\Omega\text{m}} \right]$

Anyag	E [kV/cm]
Levegő	21
Száraz papír	25–40
Titánoxid	20–100
Alumíniumoxid	100–150
Transzformátorolaj	80–200
PVC	100–300
Polietilén	200
Polisztirol	220–500

ANYAGISMERET

Néhány közismert anyag hővezetési tényezője és fajlagos ellenállása

Anyag	Hővezetési tényező	Fajlagos ellenállás
Vas /Fe/	80.4 [W/mK°]	96,1 [nΩm]
Szénacél	46 "	-
Aluminium /Al, 99.99%/	296 "	26,5 [nΩm]
Al fékésztermék - pld. AlSi1MnMg	150-160 "	-
Réz /Cu-E, 99.99%/	380 "	16,78 [nΩm]
Sárgaréz /Cu-Zn/	94 "	
Bronz /Cu-Sn/	83 "	
Ón /Sn/	112 "	115 [nΩm]
Ezüst /Ag/	416 "	16 [nΩm]
Arany /Au/	310 "	22 [nΩm]
Ólom /Pb/	35 "	208 [nΩm]

Egyéb anyagok hővezetési tényezője (folytatás):

Anyag	Hővezetési tényező	
Kerámia Al-oxid	25 [W/mK°]	
Kerámia Be-oxid	200 "	
Kerámia Mg-oxid	32 "	
Csillám	0.58 "	
Polietilén /PE/	0.35 "	
Teflon /PTFE/	0.23 "	
PVC	0.15 "	
Levegő	0.027 "	
"Hővezető" paszta	0.1 ÷ 0.12 [W/mK°]	
G10 NYÁK lemez - a felületre \perp irányban	0.3 [W/mK°]	
Fr 4 NYÁK lemez - laterális ir. 70 μ m réz	35 "	
Üvegszál erősítésű teflon	0.07 "	
Epoxigyanta + 50 súly% Al ₂ O ₃	1.4 "	12

HŐÁRAMLÁS

A hőt valamilyen közeg szállítja. Az anyag a hő-tartalmával együtt mozog.

Kérdés: mekkora a „szállítókapacitás”. Egységnyi tömegű víz többet, az egységnyi tömegű levegő kevesebbet tud „felvenni” – ez a jellemző a **fajhő**.

A szállított hőenergia:

$$E_{th} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

E_{th} : hőenergia [Ws]

c : fajhő [J/kgC°], [Ws/kg°C]

m : tömeg [kg]

ΔT : [°C]

Anyag	Fajhő [kJ/kgC°]
víz	4,1
jég	2,1
benzin	2,2
levegő	1
ammónia	4,7

BTU

A BTU egy hagyományos energia mértékegység.

Angol betűszó: British Thermal Unit.

1 BTU = 1055 Ws (Joule).

A légkondik és fűtési rendszerekkel kapcsolatban használatos, Anglián és az USA-n kívül, angol nyelvű de egyébként metrikus rendszert használó országokban is használják.

Az 1 BTU 1 font (0,4l) 39 F° hőmérsékletű víznek, 40 F° - re való melegítéséhez szükséges energiát jelenti.

Még egy átszámítási lehetőség:

$1 \text{ W/mK}^\circ = 107,7 \text{ BTU/in}\cdot\text{h}\cdot\text{deg}$

HŐSUGÁRZÁS

Elektromágneses sugárzás.

Nincs közvetítő közeg.

Hősugárzás esetén az egyik testről a másikra történő hőátvitel elektromágneses hullámok útján megy végbe.

A hősugárzásként érzékelt elektromágneses hullámok a spektrum látható és infravörös tartományába tartoznak.

A hősugárzás számításának alapja a Stefan-Boltzmann törvény.

Eszerint egy fekete test egységnyi felületén leadott hőteljesítmény arányos a felület abszolút hőmérsékletének negyedik hatványával.

$$Q = \sigma \cdot T^4 \left[\frac{W}{m^2} \right], \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$$

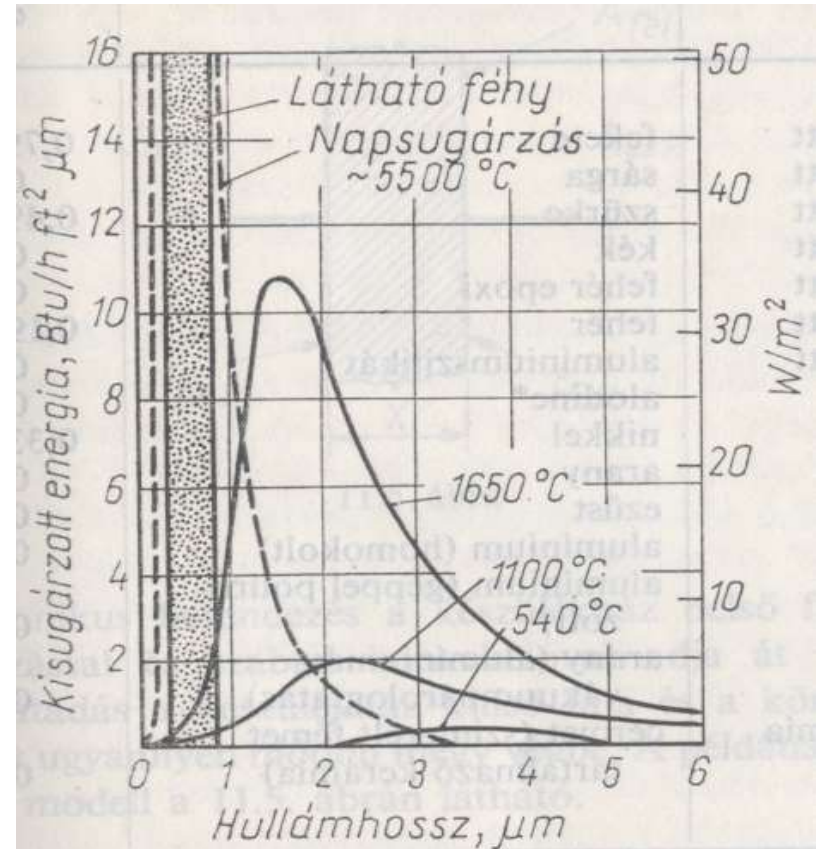
Az ábrán az abszolút fekete test energiasugárzó képessége látható.

De az ábra bal szélén bejelöltük A Nap sugárzását és a látható fénytartományt.

Definíció: Egy testnek az a képessége, hogy valamilyen hullámhosszon hőenergiát sugározzon, a hőmérséklettől és a felület tulajdonságaitól függ.

Egy valós felület által kisugárzott energiát a $Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ összefüggés adja.

ε : emissziós tényező; egy nem fekete test és az abszolút fekete test által azonos hőmérsékleten emittált energia hányadosa.



Azon testek között melyek „látják” egymást, sugárzás útján folyamatos energiacsere megy végbe. A folyamat eredményeként a melegebb testről hőenergia jut a hidegebbre. Hangsúly – folyamatos az energiacsere, nincs stacioner állapot, és pld. a hővezetéssel ellentétben nem csak a magasabb hőmérsékletű pontból áramlik az energia az alacsonyabb hőmérsékletű pont felé.

A két test közötti energiátanszport eredménye függ a relatív emisszió és abszorpcióképességtől.

A táblázat két oszlopának adatai hasonlóak, de lényegi különbség, hogy az abszorpciós adatok esetében a sugárzás hullámhossza jóval rövidebb mivel a Napfelszín hőmérséklete 5500 K° , viszont az emissziós oszlop adatai pár 100 K° -os testekre vonatkoznak.

NÉHÁNY FELÜLETTÍPUSRA VONATKOZÓ ELNYELÉSI és SUGÁRZÁSI TÉNYEZŐ

Anyag	Elnyelőképesség	Sugárzókéesség
	(abszorpciós tényező)	(emissziós tényező)
tiszta alumínium	0,09	0,09
eloxált alumínium	0,14	0,84
alumínium SiO ₂ bevonattal	0,11	0,37
króm	0,42	0,29
polírozott réz	0,35	0,04
oxidmentes vas	0,44	0,07
magnéziumoxid	0,14	0,75
nikkel	0,39	0,1
fehér festés	0,26	0,9
fekete festés	0,96	0,88
zöld festés	0,5	0,9
alufólia	0,15	0,05



HŐÁTADÁS

A hőcsere módját hőátadásnak nevezzük, ha egy szilárd test mozgó közeggel – folyadékkal, vagy gázzal – érintkezik és ez a közeg a hő egy részét magával viszi.

Ha egy hétköznapi példát veszünk: egy levegős napkollektor lemeze mögött levegőt áramoltatunk. Megállapíthatjuk, hogy az eddig tárgyalt esetek mindegyike jelen van – a hő sugárzással érkezik a Napból, majd vezetéssel halad át a vaslemezen, végül átadódik a hőenergia a levegőnek.

A hőátadási folyamatot az alábbi összefüggés írja le:

$$Q: \text{hőáram [W]} \qquad Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta T [W]$$

α : hőátadási tényező [W/m²K°]

(pld. 2 m/sec-os légsebesség esetén, $\alpha \sim 20$ W/m²K°).

ΔT : a két felület közötti hőmérséklet különbség.

A: felület [m²]

A hőátadás folyamata a valóságban bonyolult, mivel igen sok tényezőtől függ. Ezek: - a közeg viszkozitása, sűrűsége, fajhője, hővezetési tényezője, a test alakja, térbeli helyzete, emissziós tényezője, a hőlépcső nagysága.

A valóságban a közeg „rátapad” a hűtőbordára, és ebben az ún. határrétegben a közeg és a hűtőborda hőmérséklete azonos.

Tudjuk, hogy a gázok rossz hővezetők, ezért a közeli tartományban nagy a hő-ugrás.

A közeg csak a hűtőborda falától távolabb veszi fel a számításban használt értéket.

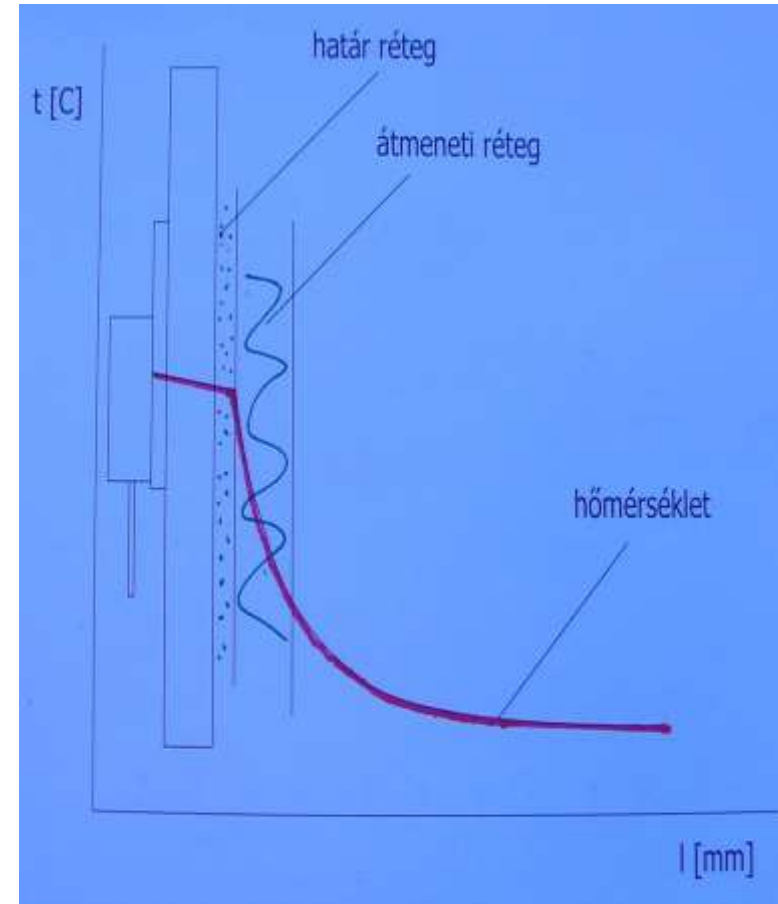
A pontosabb számításokban a Gr , Nu , Pr , Ry állandókat is figyelembe veszik.

Grashof szám: felhajtó erő / közeg viszkozitás,

Nusselt szám: hőátadási tényező / közeg hővezetési t.

Prandtl szám: kinematikai viszsk. / közeg hővezetési t.

Reynold szám: tehetetlenségi t. / közeg belső surlódása



Termikus igénybevételek-második rész

Megvizsgáljuk, hogy az elektromos alkatrészek, bizonyos szerkezeti anyagok egy Q hőmennyiség hatására hogyan viselkednek.

Az elektr. alkatrészeket illetően általában a következő üzemi hőm. tartományokat használjuk:

Commercial: $-40 \div +85$ °C

Industrial: $-40 \div +100$ °C

Automotive, Extended: $-40 \div +125$ °C

Military: $-55 \div +125$ °C

Megnézünk néhány diszkrét félvezetőt, IC-t, kondenzátorokat, ferritmagos induktivitásokat, NYÁK lemezeket, hűtőbordákat.

A Si diódák hőfokfüggéséről:

A maradékfeszültség csökken - $T_k: -2\text{mV}/^\circ\text{C}$

Storage Temperature	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature	T_J	-65 to +125	$^\circ\text{C}$
Voltage Rate of Change (Rated V_R)	dv/dt	10,000	$\text{V}/\mu\text{s}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Thermal Resistance — Junction to Case	$R_{\theta\text{JC}}$	6	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance — Junction to Ambient(1)	$R_{\theta\text{JA}}$	80	$^\circ\text{C}/\text{W}$

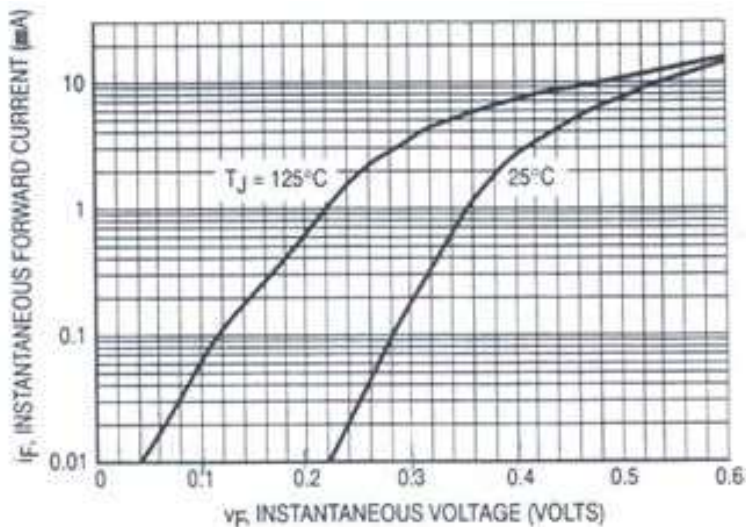


Figure 1. Maximum Forward Voltage

**SCHOTTKY BARRIER
RECTIFIER
8 AMPERES
35 VOLTS**



**CASE 369A-13
DPAK PLASTIC, STYLE 3**

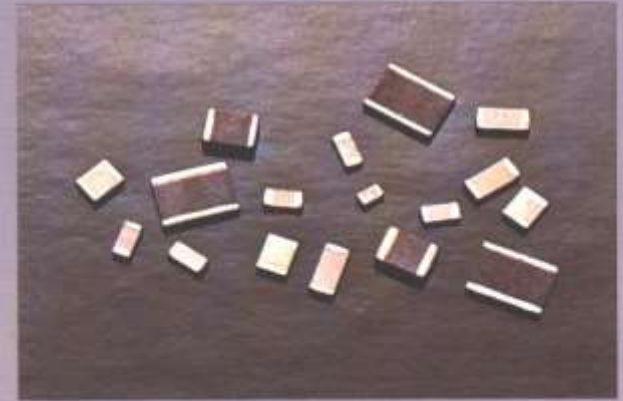
A kerámia kondenzátorok anyagának hőfokfüggése – 1

$$C = \epsilon \cdot A / \ell$$

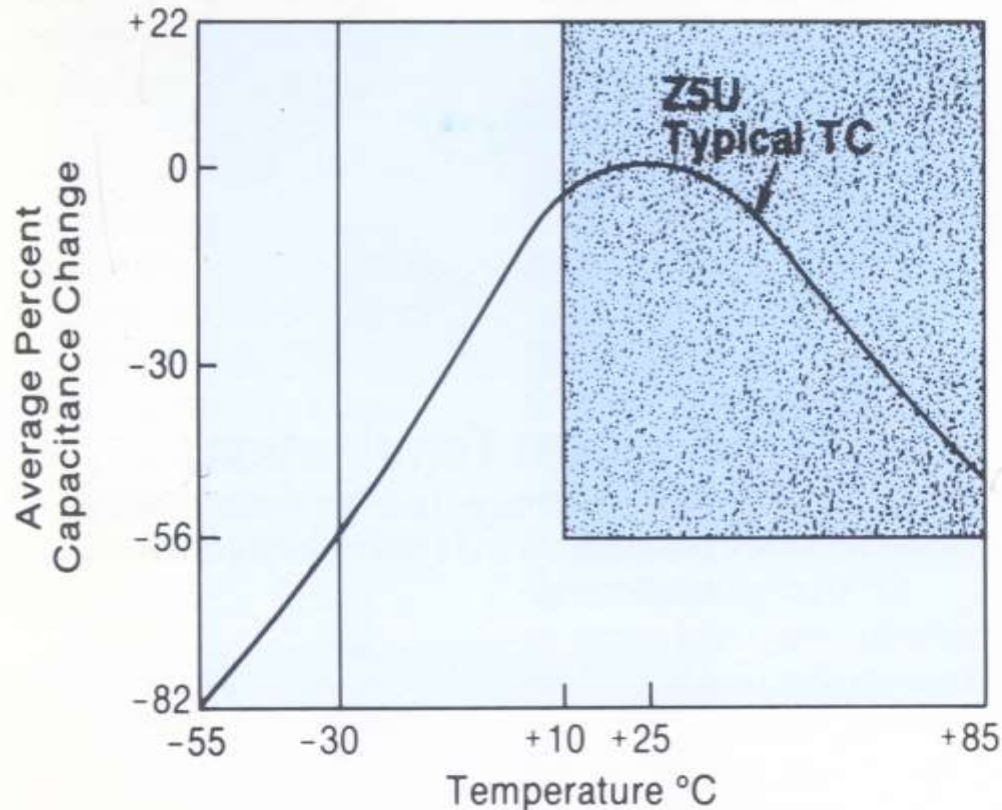
A - elektróda felület
 ℓ - elektróda távolság

Az ϵ anyagjellemző, függ a hőmérséklettől és a frekvenciától.

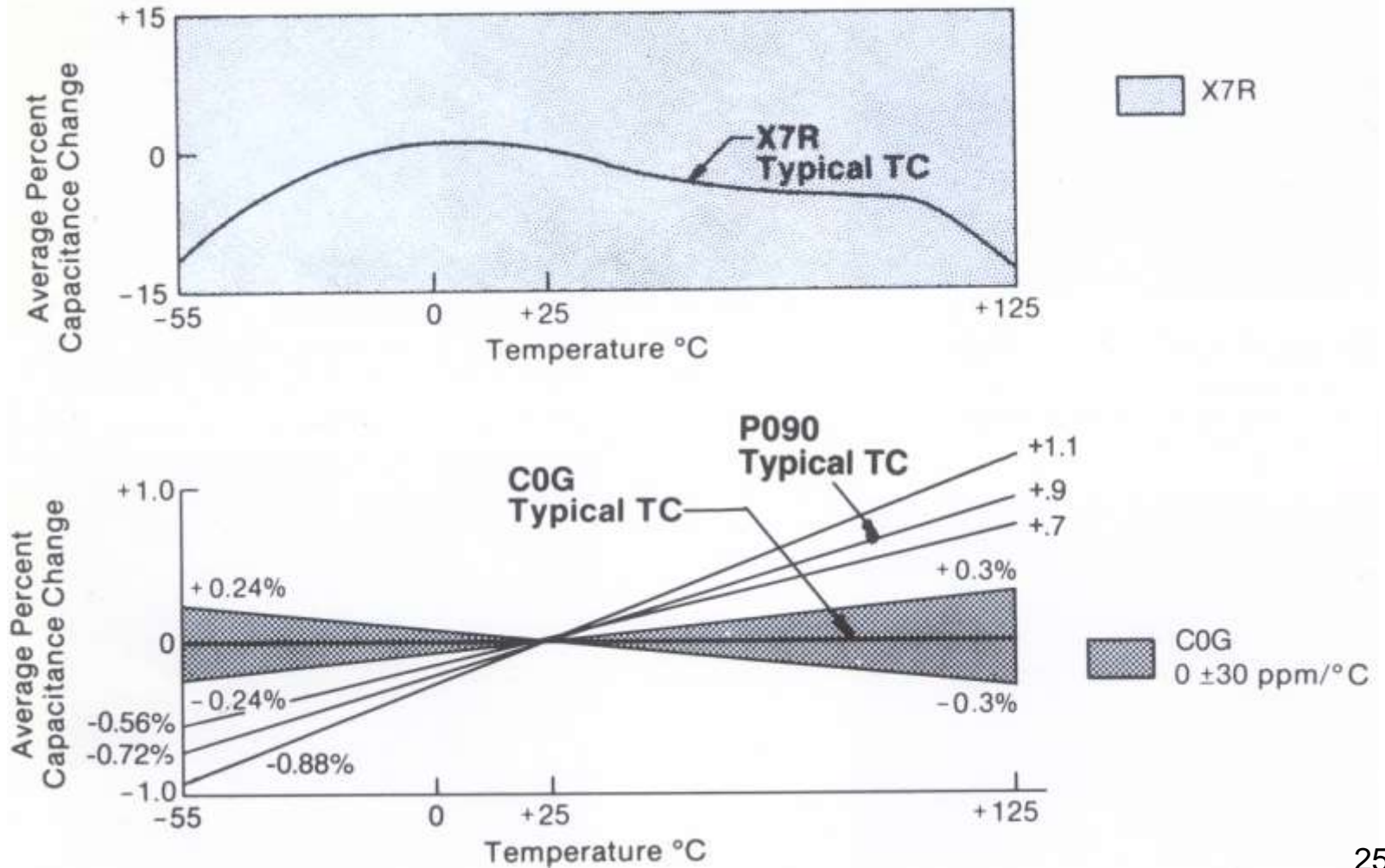
MLC High Temperature
For 200°C Applications



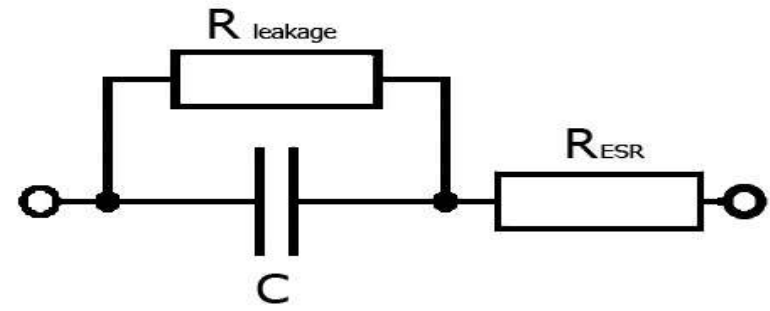
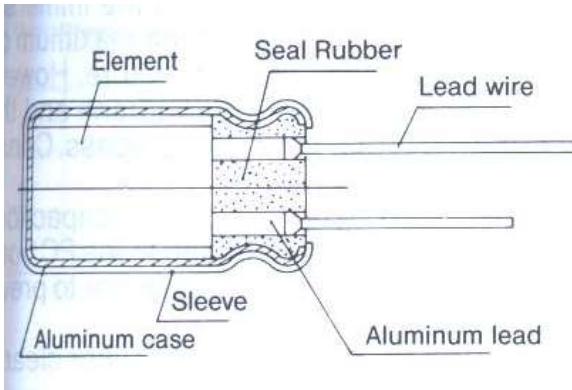
TYPICAL TEMPERATURE COEFFICIENT CURVES



A kerámiakondenzátorok anyagának hőfokfüggése – 2

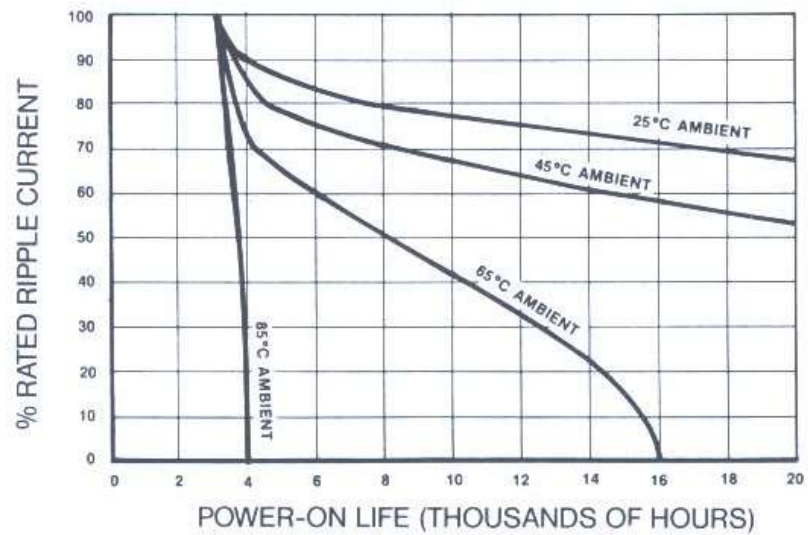


Az alumínium elektrolit kondenzátorok hőfokfüggéséről:



Az anód maratott, eloxált alu csík, a katód egy natur alu csík egy elektrolittal átítatott papír szalaggal. Az egészet felcsévéljük alu házba teszük és gumidugóval lezárjuk.

Tipikus probléma a kiszáradás, az kipárolgó elektrolit, esetleg „felrobban”.



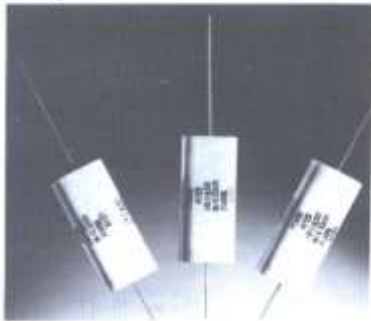
A 10 Kelvin szabály: a hőmérséklet 10 fokos emelkedése felezi az élettartamot.

Tantál kondenzátorok

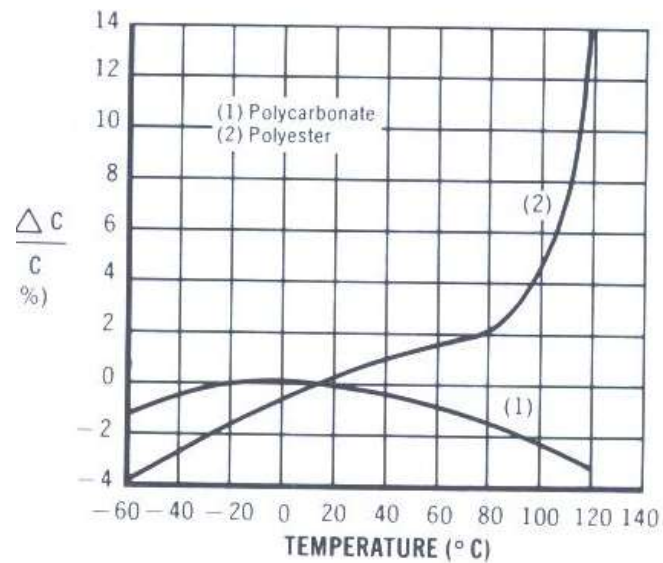
Hasonlóan az alu elektrolit kondenzátorok konstrukciójához az anód szinterelt tantál szemcsékből áll, a dielektrikum vékony oxid réteg a katód mangán dioxid. Előnye a kisebb ESR, nagyobb C·V szorzat, nagyobb hőmérséklet határ (+125C°). Hátrány fordított polarításra igen érzékeny és tűzveszélyes .

Fedélzeti áramkörökben többnyire a sokrétegű kerámia kondenzátorokat (MLC) és a fólia kondenzátorokat ajánlják az erre szakosodott szállítók.

A fóliakondenzátorok hőfokfüggéséről:

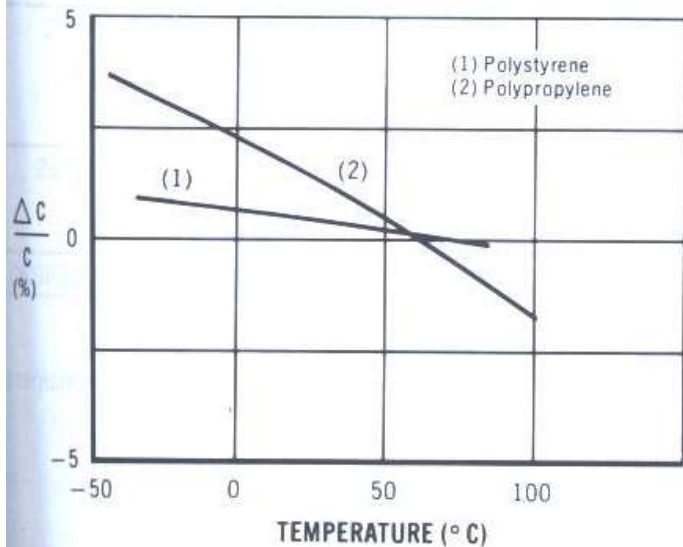


Capacitance vs. Temperature

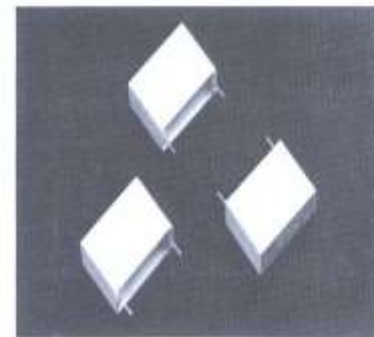


Polikarbonát
Poliészter

Capacitance vs. Temperature



Polisztirol
Polipropilén



A tekercselt kiviteltek egyszerűbb gyártani, ezért olcsóbb.

A modern fóliakondenzátorokban a kivezetések két oldalt teljes felületen csatlakoznak a fegyverzetekhez, ezért kis soros ellenállású és indukciószegény kondenzátor gyártható.

A felhasznált fólia anyagától függően különböző tulajdonságokra lehet optimalizálni.

A leginkább használt fóliák: polisztirol, polipropilén, poliészter, poliamid, polikarbonát, teflon.

A ferrit anyagok Curie hőmérséklete:

A ferrit alkatrészeket porkohászati eljárással gyártják.

Különböző alakú és méretű vasmagok, árnyékoló búrák (serlegek), „antenna” rudak stb. készülnek ferritből.

Hálózati frekvencián, illetve pár 100Hz-ig lemezelt vasmagokat használnak. Nagyobb frekvencián csak ferriteket használnak.

Hol „jön be” a curie hőmérséklet?

Az elektronok meghatározott pályákon keringenek az atommag körül, és közben saját tengelyük körül forgást is végeznek.

Az e töltésű, v sebességgel keringő elektron keltette áram hatására H térerősségű mágneses tér alakul ki.

A keringő elektron I elektromos áramot képvisel, és H mágneses teret kelt. Érvényes a következő összefüggés:
 töltés \times sebesség = $As \cdot m/s = Am$

Az atom mágneses momentumának tehát két összetevője van: a spinből eredő, és a mag körül keringő elektronokból eredő. A különböző anyagok viselkedését külső mágneses térben csak az atom mágneses momentuma határozza meg. A ferromágneses anyagokban ezek a momentumok részben rendezettek – Weiss tartományok, Bloch falak ---

A különböző összetételű ferrit anyagok curie hőmérséklete 200 és 400 °C közötti érték.

A curie hőmérséklet eléréskor ez a rendezettség megszűnik. Másodrendő fázis-átalakulás jön létre: **a jelenség folyamatos és reverzibilis** – vagyis „visszahűtve” az anyag (alkatrész) ismét mágnesezhető.

Diamágneses anyagok: üveg, Cu, Au, Ag, Hg, Ge, Pb

Paramágneses anyagok: O₂, Na, K, Al, Si, Sn, Mg

A nyomtatott huzalozású lemezek hővezetése:

Egy lap síkjában végbemenő hőátadást (laterális hővezetés)

a következő összefüggéssel írhatjuk le: $Q = \lambda \cdot (\delta b / L) \cdot \Delta T$

Q hőáram [W]

λ hővezetési tényező [W/mC°]

b a lemez szélessége [mm]

L a lemez hosszúsága [mm]

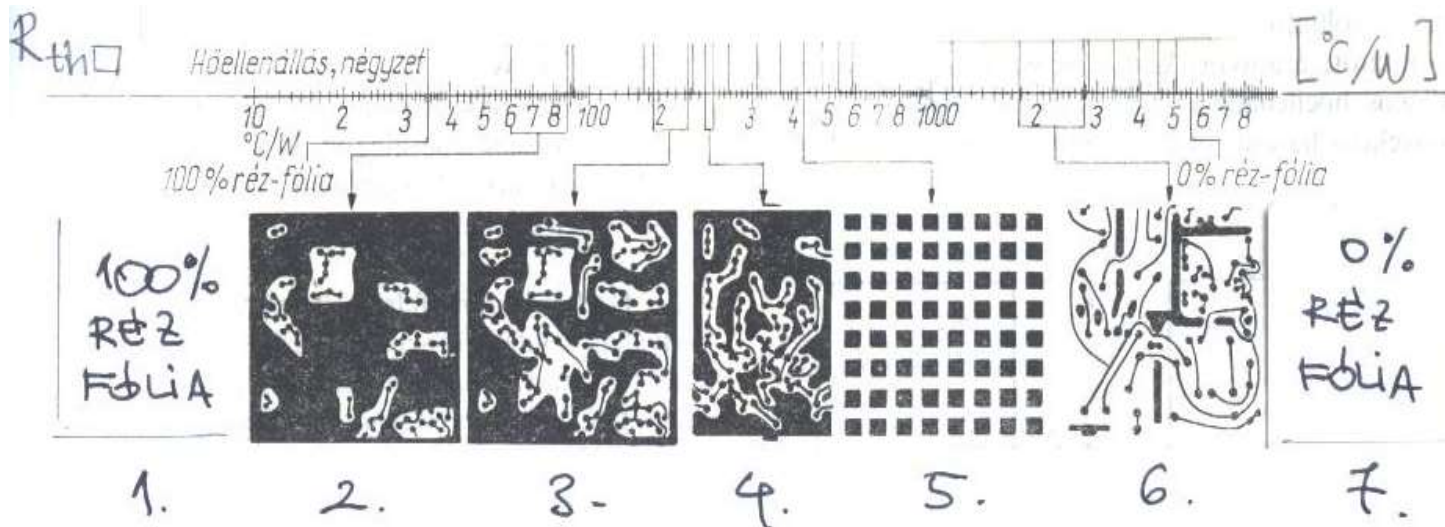
δ a lemez vastagsága [mm]

ΔT hőmérsékletkülönbség [C°]

Ha a lemez \square alakú $b=L$, a négyzetre vonatkoztatott hőellenállás a fentiek alapján: $R_{th\square} = 1 / \lambda \delta$ [C°/W]

Optikai összehasonlítással az alábbi ábra sorozat segítségével megbecsülhető egy NYÁK lemez $R_{th\square}$. Feltétel: a rézfólia $75\mu\text{m}$, és a hordozó 0.74 mm-es üvegszálalás epoxi.

A becslés eredményei rendre a következők lehetnek:



1. állapot: Teljes fedettség: $R_{th\Box}=35 \text{ }^{\circ}C/W$,
2. állapot: $R_{th\Box}=60\div84 \text{ }^{\circ}C/W$,
3. állapot: $R_{th\Box}=200\text{-}240 \text{ }^{\circ}C/W$,
4. állapot: $R_{th\Box}=250\text{-}260 \text{ }^{\circ}C/W$,
5. állapot: $R_{th\Box}=440 \text{ }^{\circ}C/W$,
6. állapot: $R_{th\Box}=1800\text{-}2800 \text{ }^{\circ}C/W$,
7. állapot: 0% réz fedettség $R_{th\Box}=5600 \text{ }^{\circ}C/W$.

Ha a kártyánk „közel” négyzet alakú, és a fentiek alapján ismerjük az $R_{th\Box}$ -t, a kártya két széle termikusan szigetelt, a másik két oldala jó csatolásban van a házzal, akkor a hőmérséklet növekedés az alábbi összefüggéssel becsülhető:

$$\Delta T_{max} = R_{th\Box} [^{\circ}C/W] \cdot Q [W] \cdot L [mm] / 8 b [mm]$$

HŰTŐBORDÁK

SORBAKAPCSOLÓDÓ HŐELLENÁLLÁSOK:

$R_{th\ j-c}$ – $R_{th\ c-h}$ – $R_{th\ h-a}$

Tipikus értékek: $R_{th\ j-c}$: 0,8-1,6 K°/W

$R_{th\ c-mb}$:

szilikon / 6kV/ 1,2 K°/W

csillám 0,4-0,9 K°/W

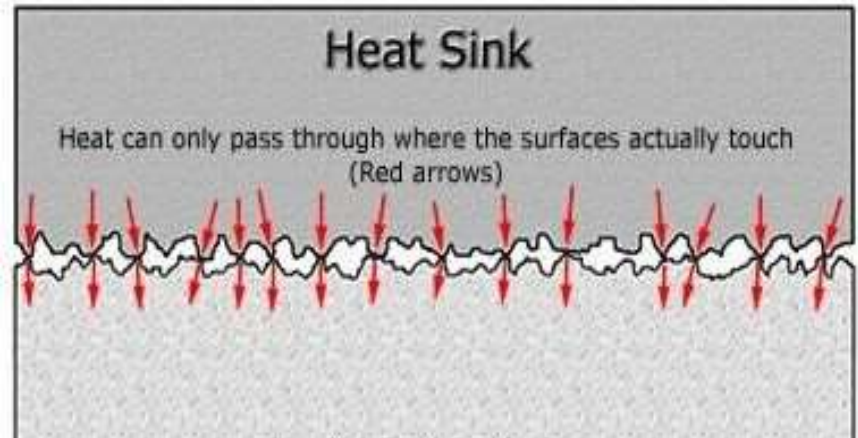
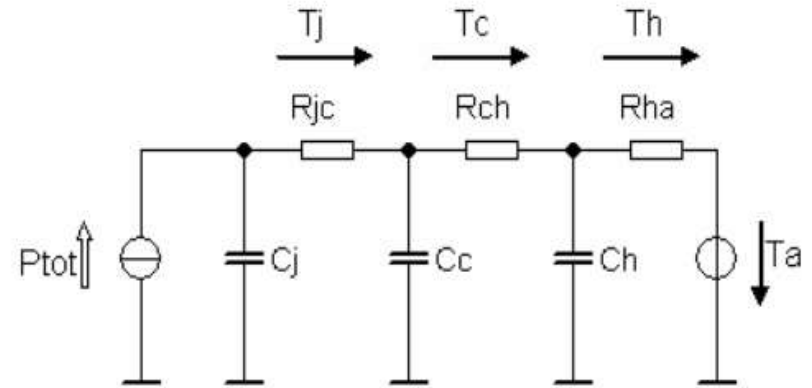
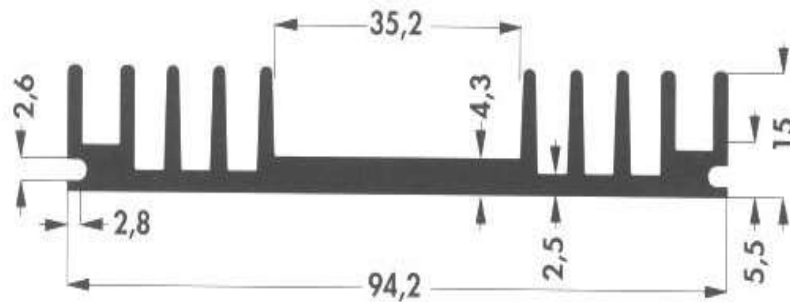
kerámia /10kV/ 0,3 K°/W

hő-zsír 0,0050-0,1 K°/W

száraz 0,2-0,5 K°/W

kapton /4kV/ 0,16 K°/W

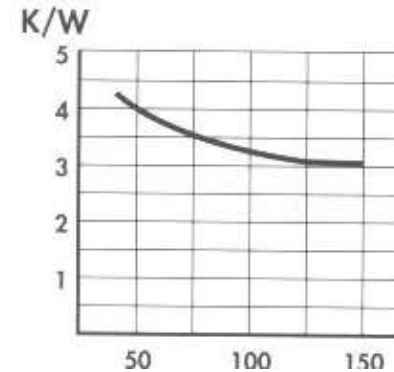
Cu-E fólia /30 μm / 0,8 K°/W



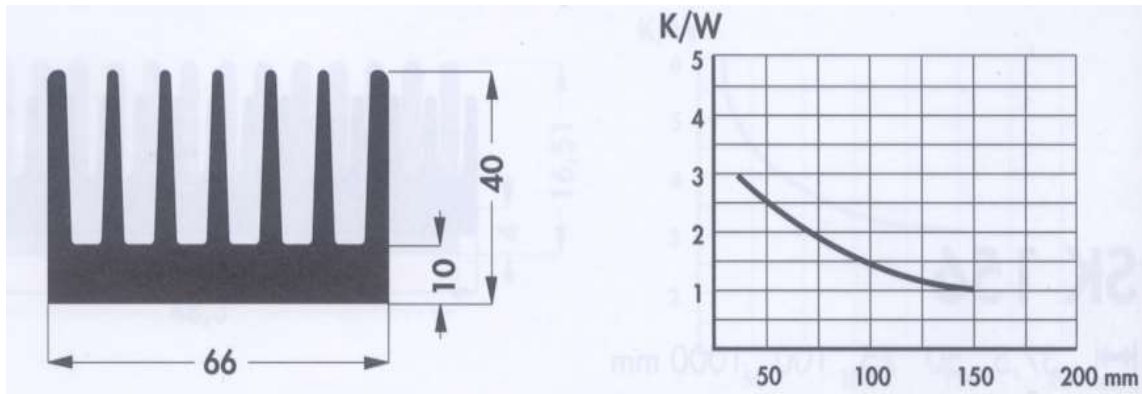
Kérem észrevenni, hogy 150mm után az R_{th} görbe telítéses jellegű.

Egyszerű számítási példa:

$T_j=150\text{ °C}$, biztonsági tényező -15%, $T_{jm}=125\text{ °C}$
 $T_a=80\text{ °C}$, $P_d=10\text{ W}$, $R_{thsum}=\Delta t/P_d=4.5\text{ °C/W}$



Az előző példánkban a 4.5 °C/W azt jelenti, hogy legfeljebb ekkora lehet az eredő hőellenállás. A tok és a szigetelő alátét elvesz 2.5 °C/W -ot, és az alábbi formából 75mm-es darabot kell felhasználni.



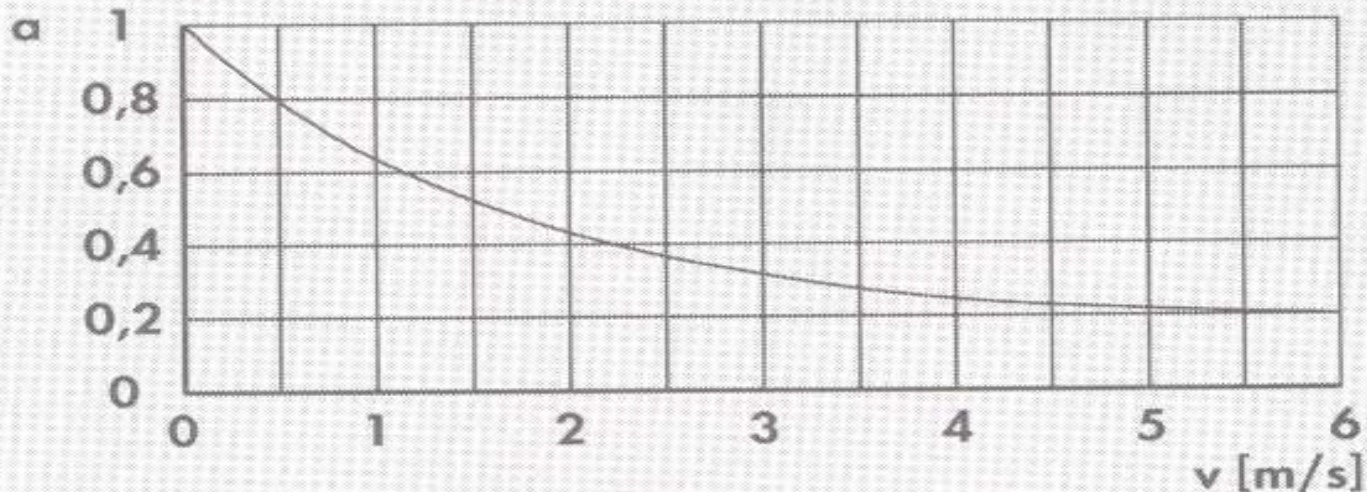
filen Thermal resistances of any profiles with forced convection

$$R_{thKf} \approx a \times R_{thK}$$

R_{thKf} = thermal resistance with forced convection

R_{thK} = thermal resistance with natural convection

a = factor of proportion



Ventillátorok: axiális, radiális. Miért „szeretjük” alkalmazni?
Egy ventillátorral jelentősen csökkenthető a hűtőborda mérete.

Áramkörök hőmérséklet-érzékenységének vizsgálata:

- Klimakamra
Egyszerű hőmérsékleti teszt,
Nagy relatív páratartalom és szigetelés vizsgálat
- Hőciklus vizsgálat
A hőciklusok által indukált mechanikai stresszek
„kihozzák” a rejtett hibákat, pld. mikrorepedéseket stb.

8. → VERIFIED REQUIREMENTS ¶

ID ¶	Test ¶	Levels ¶	Note ¶
1 ¶	Thermal-ambient ¶	Qualification level for the LMP-EBB: ¶ -40...+85°C non-operating and ¶ -25...+70°C operational ¶	Note 1: Margins: ±5°C ¶ Note 2: 8 cycles ¶ Note 3: without vacuum ¶
2 ¶	Thermal-ambient ¶	Acceptance level for the LMP-PFM: ¶ -40...+85°C non-operating and ¶ -25...+70°C operational ¶	Note 1: Margins: ±5°C ¶ Note 2: 4 cycles ¶ Note 3: without vacuum ¶

Az LMP hőciklus vizsgálatának munkadiagramja

Number-of-cycles: → 8-in-case-of-EBB
 → 4-in-case-of-PFM

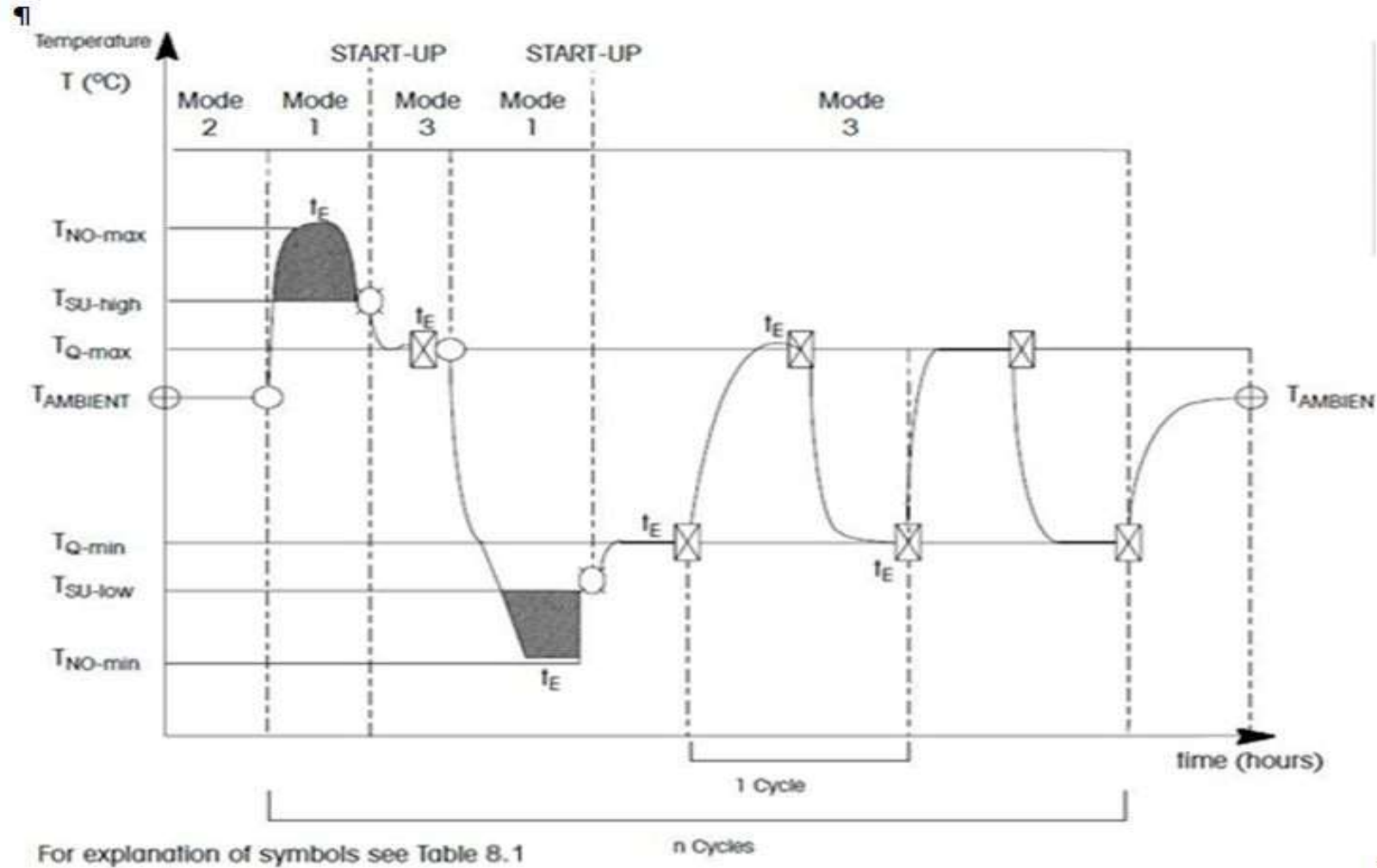


Fig. 8.1: Verification of the thermal cycles

EBB:Electrical BreadBoard model, PFM:ProtoFlightModel

A hőciklusdiagram jelöléseinek magyarázata

Table-8.1: Explanation of symbols for Fig.-8.1

¶

Symbol	Description
T	Test item temperature
T _{AMBIENT}	Ambient temperature
T _{NO-max}	Maximum non-operating temperature (highest design temperature for the equipment to survive not powered)
T _{NO-min}	Minimum non-operating temperature (lowest design temperature for the equipment to survive not powered)
T _{SU-high}	Maximum start-up temperature (highest design temperature of the equipment, at which the equipment can be switched on)
T _{SU-low}	Minimum start-up temperature (lowest design temperature of the equipment, at which the equipment can be switched on)
T _{Q-max}	Maximum qualification temperature (highest design temperature at which the equipment demonstrates full design ability)
T _{Q-min}	Minimum qualification temperature (the lowest design temperature at which the equipment demonstrates full design ability)
P	Pressure
MODE 1	Functionally inert (test item not energized). Normally applicable to the non-operating condition.
MODE 2	Partially functioning. Conditions as detailed in applicable design specifications, but normally applicable to conditions during launch.
MODE 3	Fully functioning (test item fully energized and fully stimulated). Normally applicable to conditions during orbit.
⊕	Initial and final "functional and performance test"
⊗	Intermediate reduced functional and performance test
t _E	Dwell time
○	Switch-on (Start-up)
○	Switch-off

Termál – vákuum kamra

közelítünk egy valódi „space” környezethez,
nagyon költséges a létesítés,

A Miskolci Egyetem sajátkészítésű „TVK”-ról van pár adatunk
és fotónk:

ADMATIS THERMAL VACUUM FACILITY

Miskolc, Hungary

TVC.PRE.ADM.003

OVERVIEW

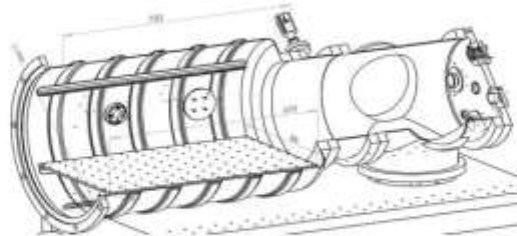
Facility:

- Compliant to ECSS standards
- ESA and AIRBUS certified

Services

Provided:

- bakeout



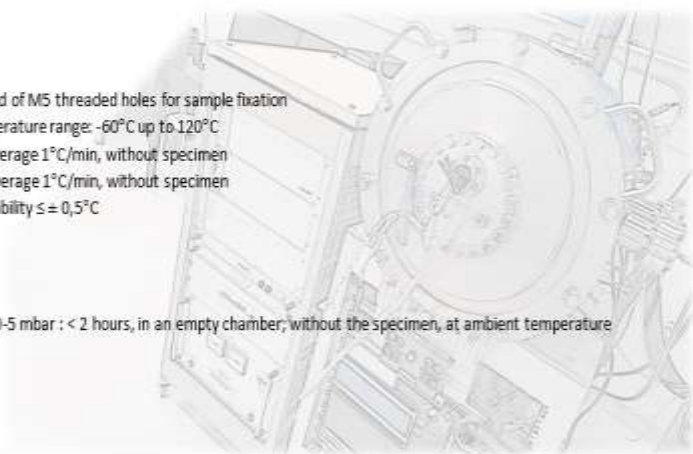
thermal plate temp: $-70\text{C}^{\circ} \div +90\text{C}^{\circ}$

- thermal vacuum cycling • life cycle testing
- thermal balance testing
- space environmental testing • materials outgassing evaluations **Cleanliness:**
- Operated in ISO Class 8 cleanroom environment
- MOC measurement $< 0.2 \times 10^{-7} \mu\text{g}/\text{cm}^2$

TECHNICAL DATA

Thermal plate:

- Dimension: 400x670 mm.
-
-
-
-



150x150 mm grid of M5 threaded holes for sample fixation
Operating temperature range: -60°C up to 120°C
Cooling rate: Average 1°C/min, without specimen
Heating rate: Average 1°C/min, without specimen
Temperature stability $\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$

Time to reach 10⁻⁵ mbar : < 2 hours, in an empty chamber, without the specimen, at ambient temperature

•

Vacuum:

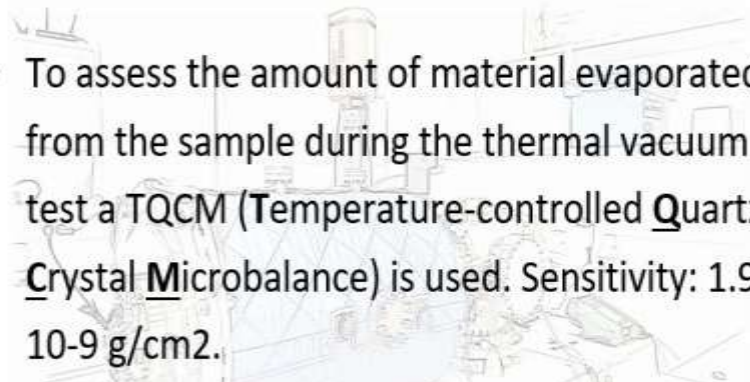
- Range : from AP to 10⁻⁷ mbar

•

EGSE:

- 24 channel DC/DC power supply unit
- Up to 16 NTC type thermistor
- Up to 16 Type T thermocouple

SUPPORT EQUIPMENT

- 
- To assess the amount of material evaporated from the sample during the thermal vacuum test a TQCM (Temperature-controlled Quartz Crystal Microbalance) is used. Sensitivity: $1.96 \times 10^{-9} \text{ g/cm}^2$.
 - For RGA analysis (Residual Gas Analysis) a quadrupole is attached to the chamber. Mass range: 1-300 amu
 - Cold plate ($\varnothing 100\text{mm}$) for trapping volatiles is available; $T_{\min} -40^\circ\text{C}$
 - To allow the connection of measurement devices for the characterisation of the test object the chamber is equipped with wide variety of vacuum flanges



- Three electrical feedthroughs, each with 24 pins available for data acquisition and test article power management.

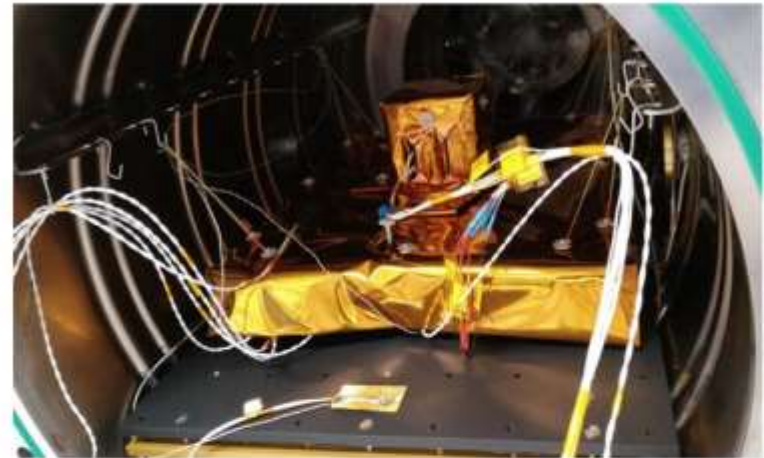
OVERVIEW

EGSE: Earth Ground Support Equipment

AMU: Atomic Mass Unit

NTC: Negative Thermal Characteristic

MOC: Mass Out Control – („Bake out“)

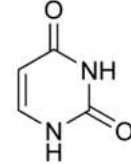


TV TEST SETUP

Dokumentation v&g

MŰANYAGOK

Polimerek és adalékok keveréke a „műanyag”. A polimerek óriásmolekulák, amelyek un. Monomerek összekapcsolódásával jönnek létre. Például: az „Uracil” fehérje monomer:



Polimerizáció – PE, PP, PVC, PS

Polikondenzáció – PA, PET

Poliaddíció – PUR, EP

Természetes polimerek – cellulóz, fehérjék /DNS,RNS/

Szerkezet Struktúra Hőre lágyuló stb. Szerves ---

A gyakorlatunkban megjelenő formák:

PE-PP-PVC-PS szigetelő fóliák, kondenzátor gyártás, transzformátor, ragasztószalagok, adalékokkal kiterjesztett hőfoktartomány.

PA-PET mechanikus szerkezetek, tartók és szigetelők.

PUR-Epoxi gyanták, kiöntő anyagok.

A leggyakoribb kérdések: hőfoktűrés, kopásállóság, UV-tűrés.⁴³

Különleges m. anyagok:

Teflon – (ptfe) „csúszós” tapintású, olv. pont: +343C°

Kapton – polimid polimer

hajlékony szívós fóliák (szkafanderek alapanyaga)

igen széles működési hőm. tartomány: 0÷673 K°,
-273 ÷400 C°.

igen alacsony kigázosodás /outgassing rate/.

Celazole PBI (Duratron) – polibenzimidazol polimer

terheléses hőfoktartomány: 500 C° néhány óra,

310 C° ≤ 20 000 óra.

Kompozitok: mátrixok (kerámia vagy polimer alapanyag) és
töltőanyaguk (nanoméretű szálak - szemcsék)

Fontos tudni, hogy a kommersz műanyag félkésztermékek
(rudak, lapok, fóliák) „csak” 100-120 C°-ig használhatók.

Az MLI fólia felépítése: (Multi-Layer Insulator)

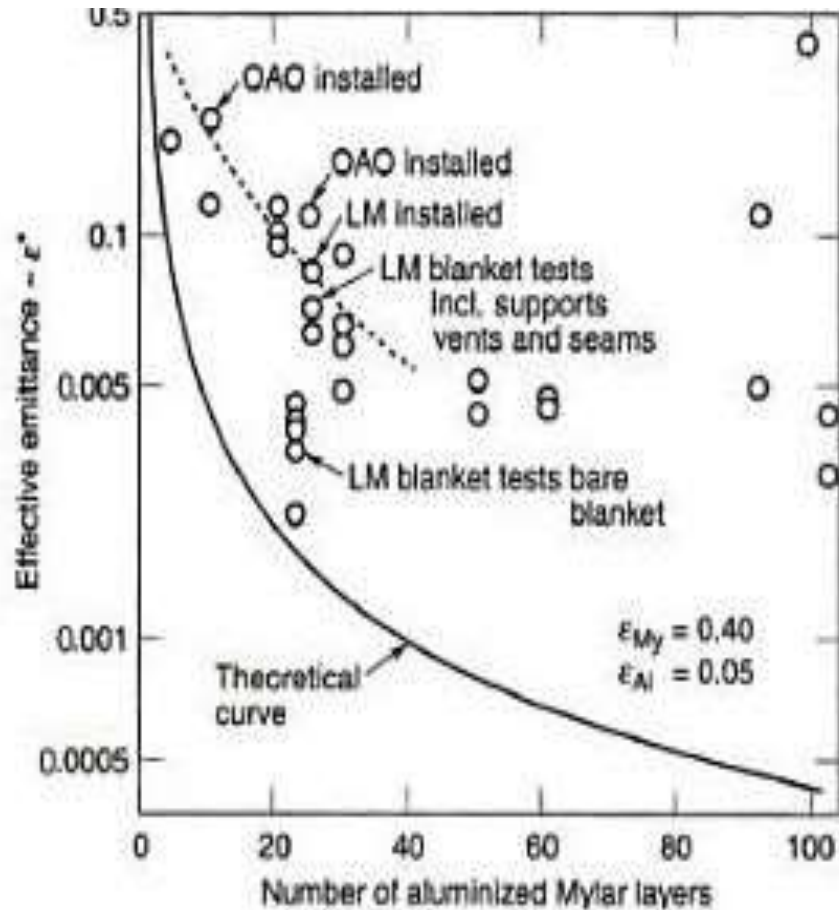


Figure 4.3.18: Effective MLI emissivity in relation to the number of layers [4.3.6].

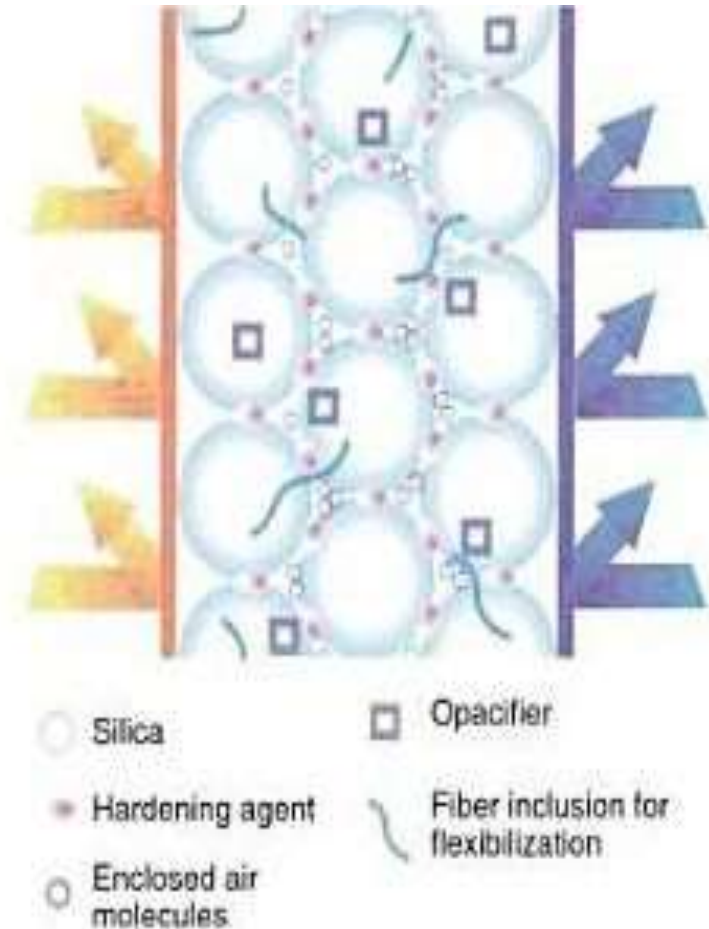
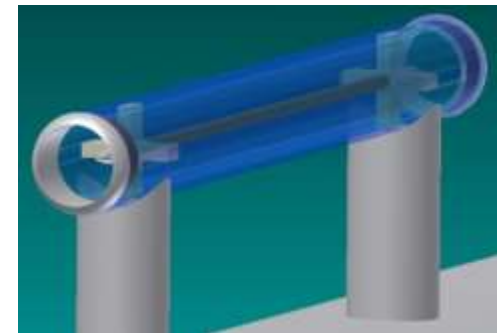
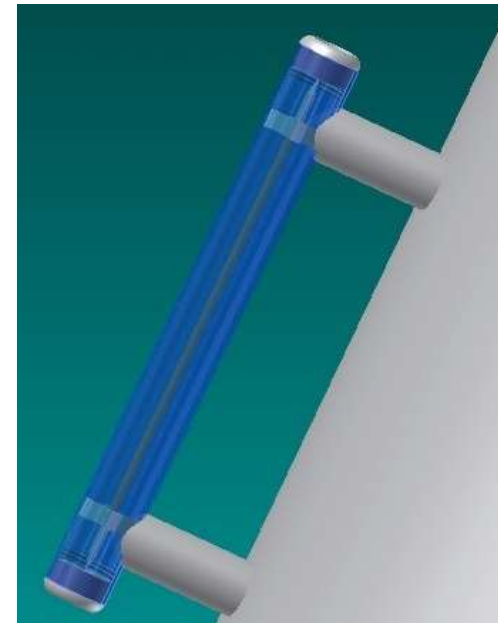
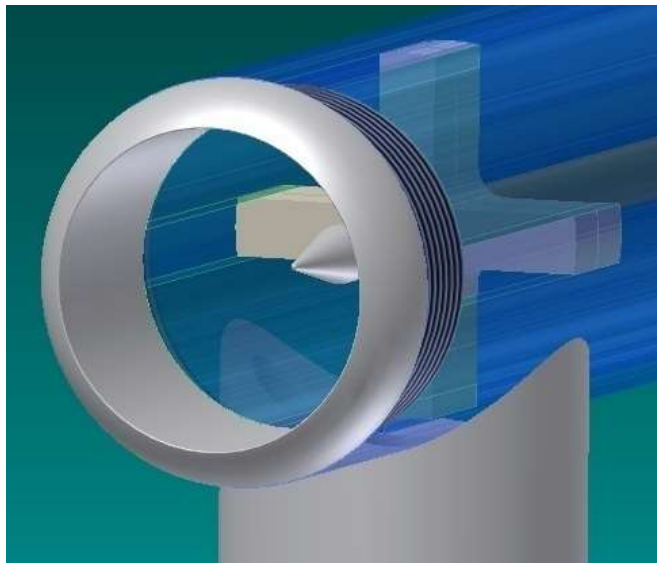


Figure 4.3.19: Operational principle of an insulation based on silica [4.3.13].

Gerdien kondenzátor- duratron alkalmazási példa:



KERÁMIÁK

A műanyagokhoz hasonlóan jó elektromos szigetelők, és a hővezető képességük sokkal jobb. Magas üzemi hőmérsékleten is mérettartóak. Könnyen elláthatók fémbevonattal.

Műszaki kerámiák:

Bizonyos fémek oxidjaiból (Al, Ti, Cr, Zr, stb.) speciális eljárással kerámiák készíthetők.

A műszaki kerámiák rendkívül kemények, kopásállóak, vegyileg ellenállóak.

Az oxidokat több lépcsőben porítják. A porból vizes masszát készítenek melyből többféle sajtolással gyártanak különféle termékeket.

Olvasmány

Sajtolás: *kisebb csúszógyűrűk, alakos testek gyártására használható. Nagyobb darabokhoz azért nem, mert a sajtolóerő igénye a mérettel meredeken nő, és a por belső súrlódása miatt a termék sűrűsége inhomogénné válik.*

Öntés: *A porból masszát készítve azt egy gipszformába öntik. A gipsz a nedvességet gyorsan kiszívja a masszából.*

Izosztatikus sajtolás: *Egy ballont megtöltenek kerámia porral, majd azt egy vízzel teli tartályba lógatják. A tartály nyomását fokozatosan 1500 bar-ig növelik, majd lecsökkentik. A vízzel teli tartályban a nyomás eloszlása homogén, így az eredmény is egy homogén, kréta állapotú tömb lesz.*

Megmunkálás: *A fenti eljárások során kapott előgyártmányok megmunkálhatók, /eszterga, maró, fűrő/.*

Az így elkészült darabokat kemencében 1600°C-on kiégetik, miközben térfogatuk ~20%-ot csökken.

Ezután csak gyémánt szerszámmal lehet alakítani.

Villamosipari kerámiák:

- Nagyfeszültségű szigetelők
- Nagyfrekvenciás szigetelő kerámiák
- Hőérzékeny kerámia félvezetők
Termisztorok, PTC, NTC
tárcsa-, gyöngy-, pontszerű üvegballonban,
- Piezokerámiák (szűrők)
- Feszültségfüggő ellenállások (varisztor, fesz. limiter)
- Záróréteg kondenzátorok (Ba-oxid)
- Alumíniumoxid kerámia kondenzátorok (Al_2O_3)
- Vastag- és vékonyréteg hordozók (Al_2O_3 , BeO)

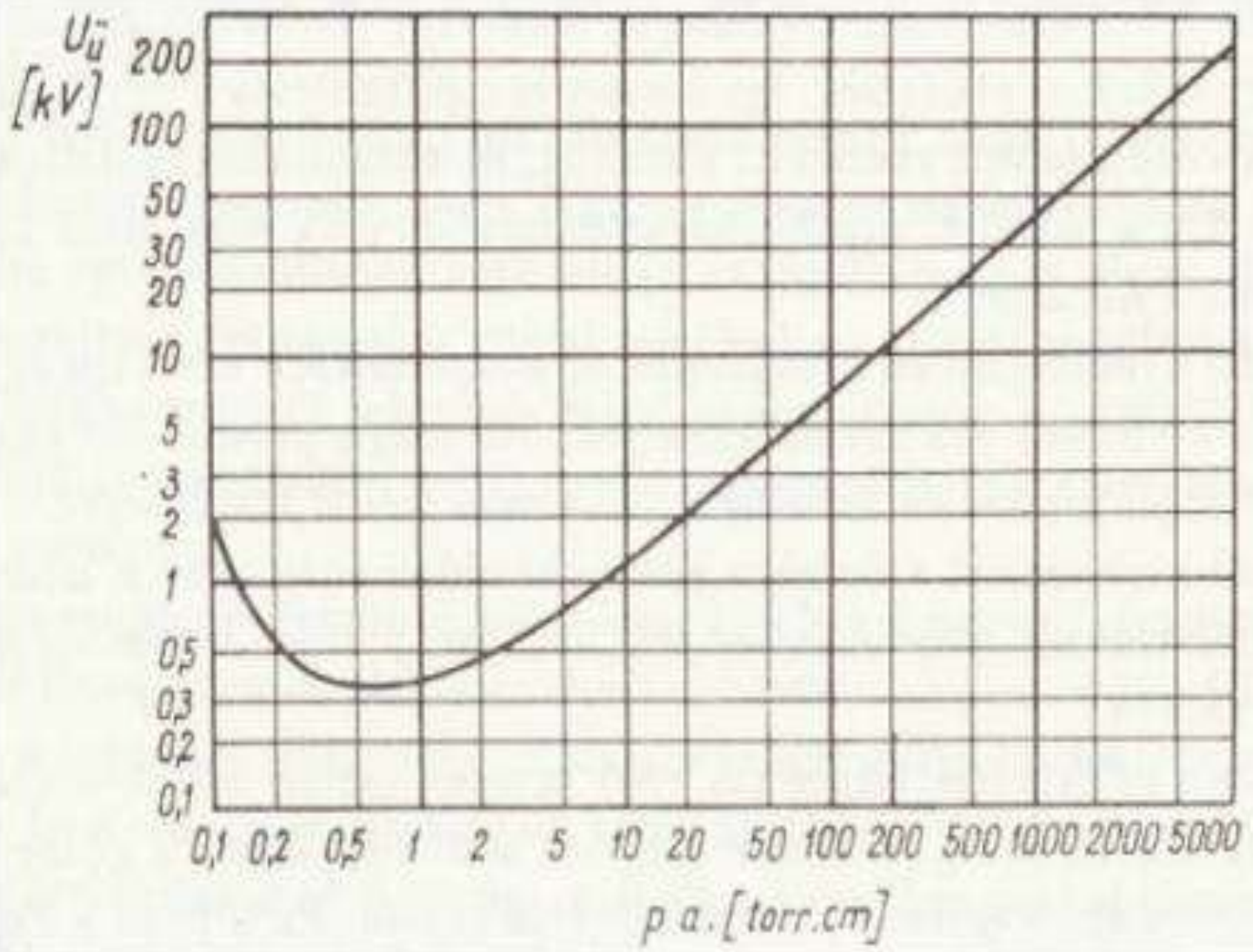
Paschen törvény

Az igénybevételekre vonatkozó megfontolásainkat végezve egy villamos átütési veszélyre is tekintettel kell lenni:

- a) A fellövés alatt is van működés. Az elektronika feszültség alatt van.
- b) Bekapcsolás a start után napok múlva.

Az első esetre felkészülve

- gondosan át kell vizsgálni az alkatrészek között a réseket, távolságokat – a rázkódás miatt keletkező kitérések nem okoznak-e zárlatot.
- biztosítani kell, hogy a rendszerből a levegő az emelkedés során a lehető leggyorsabban távozni tudjon, vagy tudomásul kell venni, hogy a 10 kPa nyomástartományban a „levegő” villamos átütési szilárdsága 20-30 kV-ról 330 V-ra csökken – Paschen törvény.



1. ábra Paschen-görbe levegőre

Mechanikai igénybevételek

Rázás – rázkódás, ütődések

Minden időben ismétlődő mozgást rezgésnek tekintünk.

Ez lehet szabályos vagy szabálytalan – azaz szinuszos vagy zajszerű.

Ha ugyanaz a mozgásszakasz ugyanúgy ismétlődik akkor az periodikus mozgás. A szabályos rezgések mindig periodikus mozgások. Jellemző mennyiségeik:

- T periódus idő, ($T=1/f$),
- A kitérés, (amplitúdó)
- $A\omega$ sebesség
- $A\omega^2$ gyorsulás

$$x = A \sin \omega t$$

$$v = dx/dt = A\omega \cos \omega t$$

$$a = dv/dt = -A\omega^2 \sin \omega t$$

Egy test harmonikus rezgőmozgást végez amikor a ható erők eredőjének nagysága arányos a kitéréssel, de ellentétes irányú.

Szinuszos vibrációs követelmény

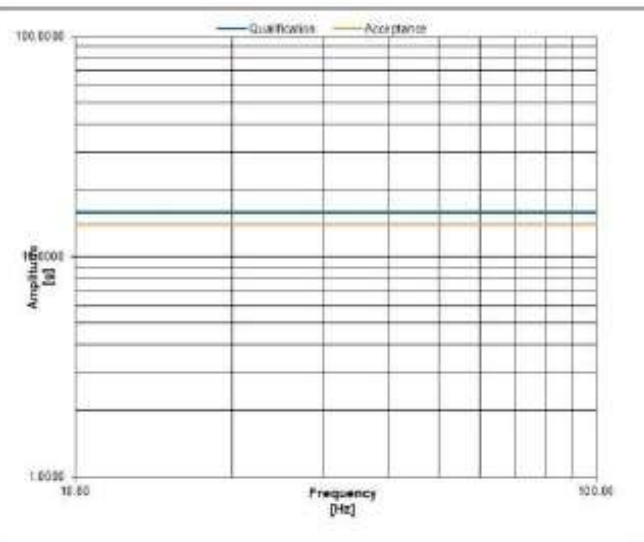
The payload shall be designed to withstand the low frequency longitudinal and lateral vibration environment spectra experienced at the platform-to-equipment interface, in accordance with the following level:

- Qualification: 16g
- Acceptance: 14.1g

The amplitude is constant in the whole 5 Hz - 100 Hz range. Levels are the same in each direction.

ENV-EIDA-5233

Low Frequency Vibration Spectra		
Frequency [Hz]	Qualification Level [g]	Acceptance Level [g]
5	16	14.1
100	16	14.1



A
T

Any deviation shall be agreed with the customer.

Mekkora kitérést jelent az 5 Hz-16g?

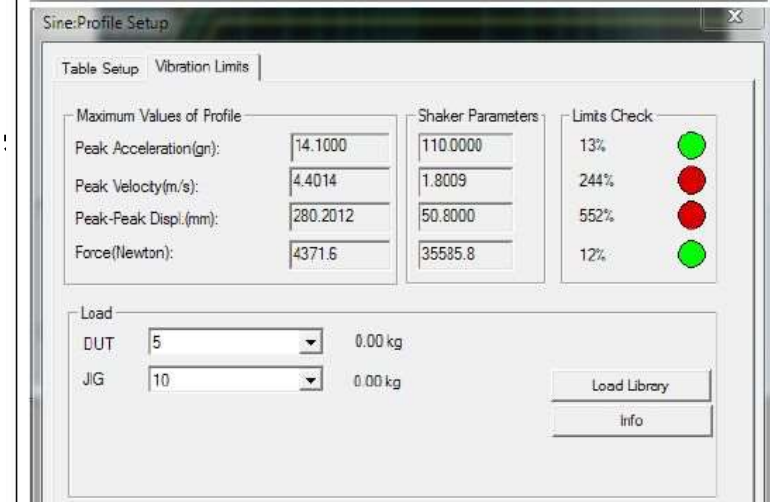
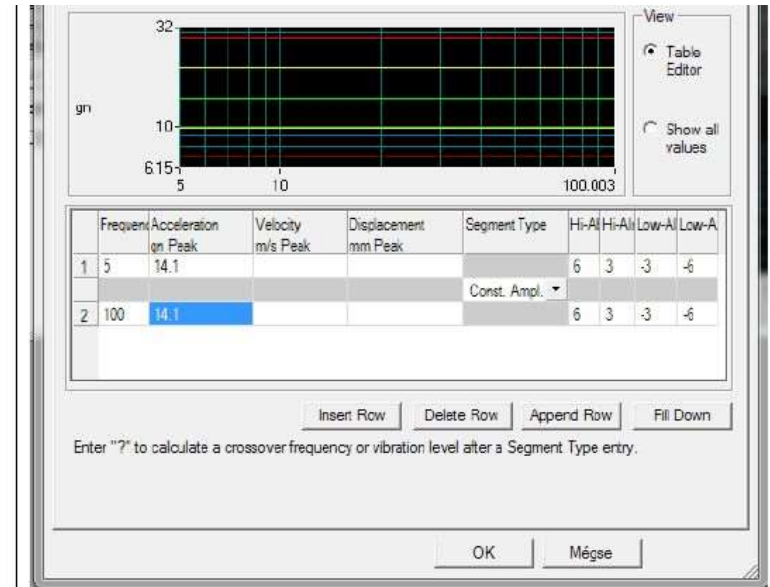
$$16g = Aw^2, \quad A = 16 \cdot 9,81 \text{ [m/sec}^2\text{]} / (2\pi \cdot 5)^2 \text{ [1/sec}^2\text{]} = 0,16 \text{ [m]}$$

160mm-es kitérés! Ez peak to peak 320mm! Túl nagy.

Sokat használtuk az n·g – t mint a terhelés mértéket, a kitérések kiszámításához.

Azt tapasztalatunk, hogy a gyorsuláson alapuló szemlélet korrekt, de nem igazán „életszerű”, mert a hibákat nem a gyorsulás okozza, hanem a relatív elmozdulás, az ismétlődő kihajlások.

ismétlődés – kifáradás - törés



Egy rászófejei adatlap



V875-440 Shaker

Metric

Performance Parameters*

Armature Diameter	440 mm
Sine Force (peak)	35.6 kN
Random Force (rms) [†]	35.6 kN
Maximum 1/2-sine Shock Force [†]	84.3 kN
Armature Resonance (f_n)	2.65 kHz
Usable Frequency Range	d.c. – 3 kHz
Mass of Moving Element (flush inserts)	31.6 kg
Velocity (sine peak) – full-field	1.8 m/s
Acceleration (sine peak)	110 g
Acceleration (random rms)	75 g
Displacement (pk-pk) – continuous	50.8 mm
LDS Amplifier	SPA 8–40K

Environmental Data

Working Ambient Temperature Range:	
Shaker and Fan	7° – 30° C
Amplifier	5° – 30° C
Acoustic Noise at 1 m Distance: [‡]	
Shaker ^{**}	108 dBA
Amplifier	72 dBA
Fan	99 dBA
Total Heat Dissipation:	
Shaker to air (from body)	1.86 kW
Amplifier	4.9 kW
Fan	25.0 kW

LDS V875 shakers are ideal for vibration and mechanical shock testing using transient excitation. Systems are available in various forms to meet customer requirements: mounted in an air isolation trunnion with body rotation gearbox (static), horizontal oil-film slip table, or base-mounted for und



Characteristics

A kihajlás mértéke az alábbiaktól függ:

- A kártya össz. tömegétől
- A kártya befogási módjától
- A kártya anyagától és alakjától

A kártya saját frekvenciája:

$$f_r[\text{Hz}] = \frac{K}{2\pi} \sqrt{\frac{D[\frac{N}{m^2}] \cdot b[m] \cdot v[m]}{m[\text{kg}] \cdot a^3[m]}}$$
$$y[\text{mm}] = 0,386 \frac{1}{f_r^2[\text{Hz}]}$$

y: kihajlás [mm],

D: rugalmassági modulus / FR4, G10 : E=500 N/m²/

m: a kártya összes tömege [kg] (a saját és a szerelvények együttesen)

a: a kártya hossza és b: a kártya szélessége [m], v: a kártya vastagsága [m]

A kártya hosszát csökkentve nő a sajátfrekvencia és csökken a kihajlás.

A kártyák befogási módjai körben leszorított vagy támasztott.

Az egyik oldalon levő kártyacsatlakozó támasztásnak számít.

A beültetett kártya tömege 3-4 szeresre nőhet, és rugalmassági modulus 1 nagyságrendet is nőhet.

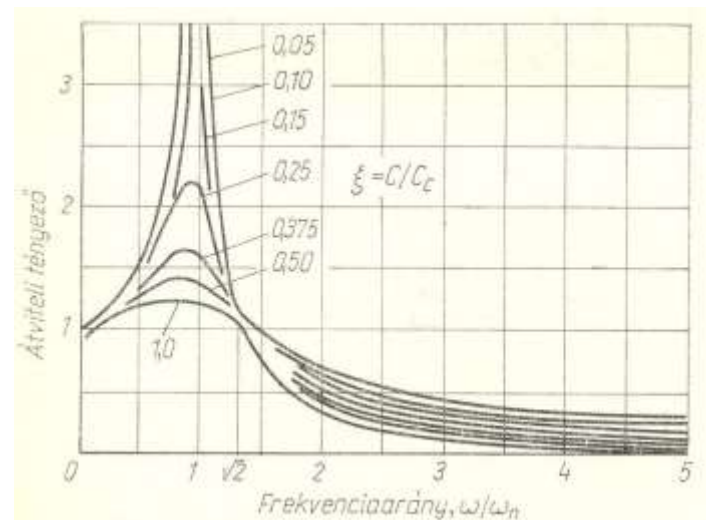
A rázásnál létrejövő amplitudó viszonyokat a rendszer átviteli tényezőjét mutató görbék elemzésével vizsgálhatjuk:

$\omega = 0$ – „abszolút” nyugalom

$\omega = \omega_n$ igen nagy amplitúdó

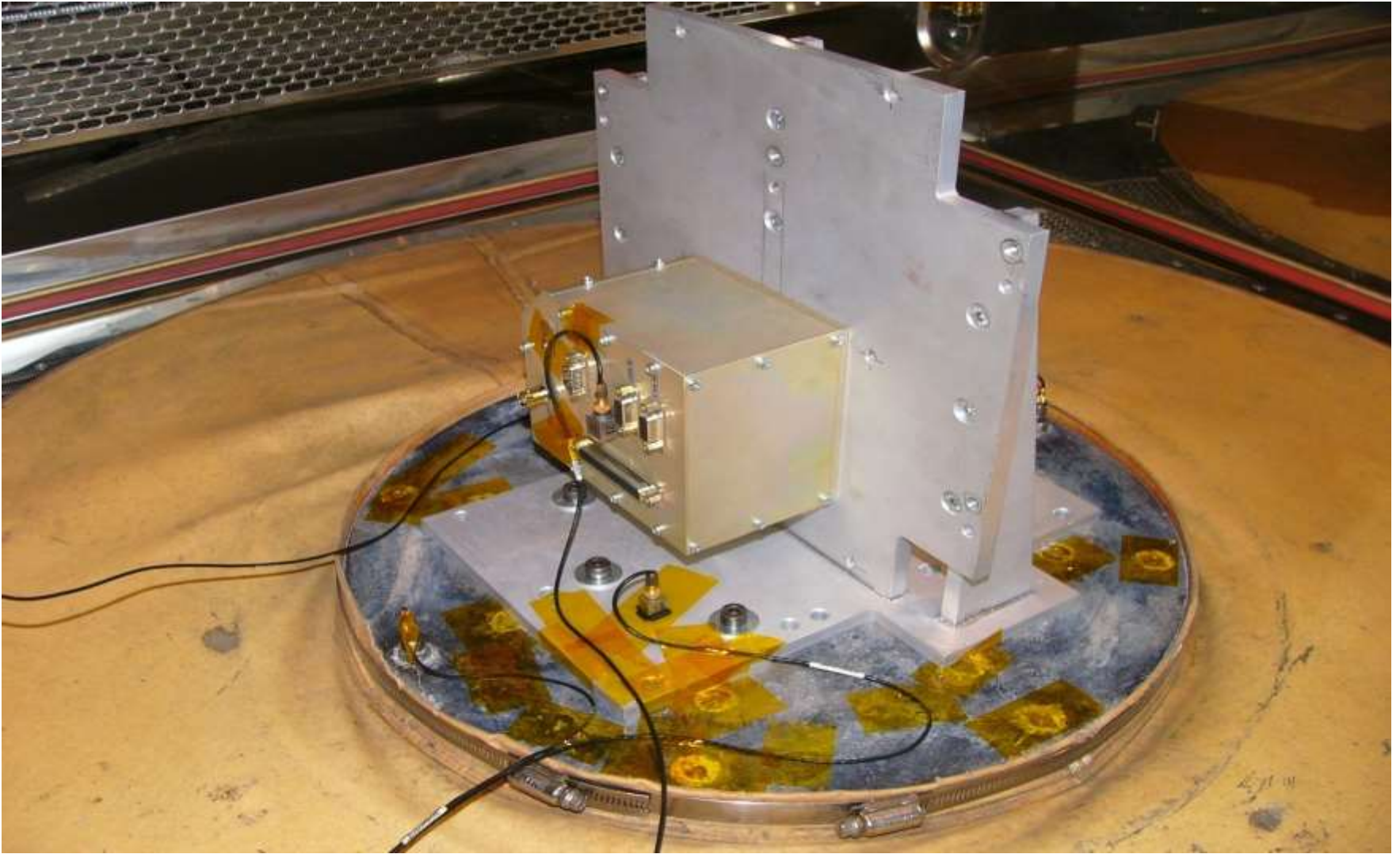
$\omega / \omega_n > \sqrt{2}$ jelentős csillapítási tényező

$\omega \geq 5$ egység - az erő olyan gyorsan változik, hogy a rendszer már nem tudja követni



Következtetések:

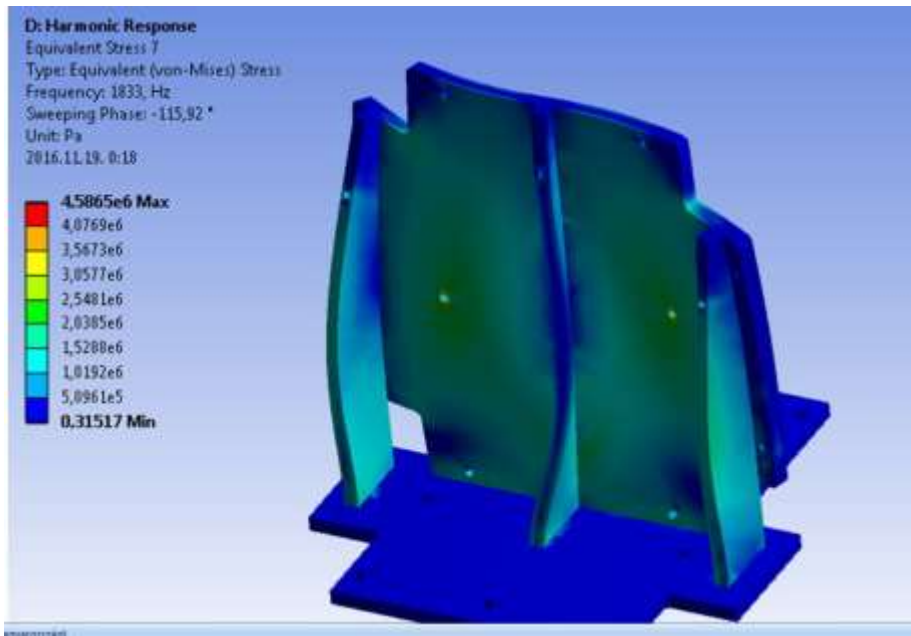
1. Egy rázásálló konstrukciónál ne az energiaelnyelés, hanem az átadás legyen a cél.
2. Egy szerkezet legyen merevebb mint a hordozója azért, hogy kicsi relatív elmozdulások jöjjenek létre
3. Merevségre és könnyűsége törekedjünk.



Modal analízis - cad szoftverrel végzett szimuláció

A modál (**Modal**), vagy alaki analízis segítségével határozhatjuk meg egy szerkezet rezgésének karakterisztikáját, tehát a rezgési **sajátfrekvenciáit** és a hozzájuk tartozó lengésképeket.

Ezek fontos paraméterei egy dinamikusan igénybevett szerkezet tervezésének. A modál analízis eredményeit kiindulópontként használhatjuk más, részletesebb vizsgálathoz, mint pl.: a tranziens dinamikus, harmonikus válasz, vagy a spektrum analízis, vibrációs analízis.



Az iparban kezdetben a szinuszos rázásvizsgálat terjedt el.

Ezzel meghatározhatjuk egy bonyolult rendszer rezonanciáit.

A vizsgálatok után újabb rezonanciavizsgálatot végezve kiderül, hogy történt-e meghibásodás (törés, lazulás). Ugyanis ha valamelyik rezonancia eltolódik, vagy „eltűnik” (lecsökken) – az egy hibára utal. (pld. törés, egy csavarkötés meglazul).

Az autóiparból „jött” az újabb felismerés, hogy egy autó műszerfala menet közben egyáltalán nem szinuszosan rezeg.

Itt jött be képbe a RANDOM.

A random jel minden darabkájának amplitúdója és kezdő fázisa véletlenszerűen változik – unpredictable.

A random vibrációs teszt előnyei:

- Előidézi a DUT (device under test) meghibásodását.
- A szinuszos tesztnél egyszerre csak egy rezonáns frekvencián kap gerjesztést a DUT, míg a randomnál az előírt frekvenciatartományba eső összes frekvencián egyszerre.

- A vibrációs spektrum-profil a power spektral density (PSD) görbével jelenítik meg.

Bármely vibrációt a mozgás időfüggvényével jellemezhetjük, azaz meg kell adnunk az amplitúdót (a kitérést), vagy a sebességet, vagy a gyorsulást.

A sin.-nál erre egyszerű matematikai kifejezések voltak.

A randomnál nincs periodicitás, vagyis az amplitúdó nincs arányban egy másik időpillanatbeli amplitúdóval.

Matematikailag a valószínűség számítás eszközeit használjuk.

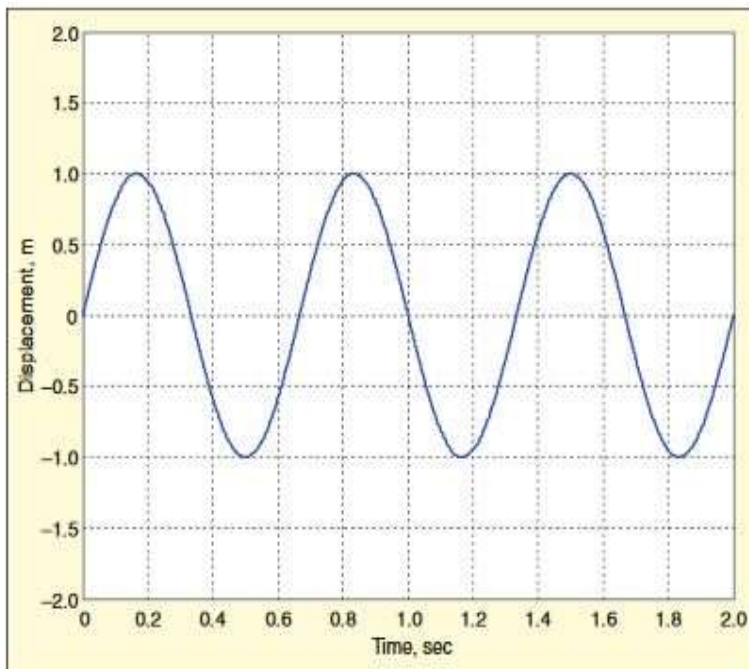


Figure 1. Time history of a sinusoidal waveform. Note its repeatability and predictability.

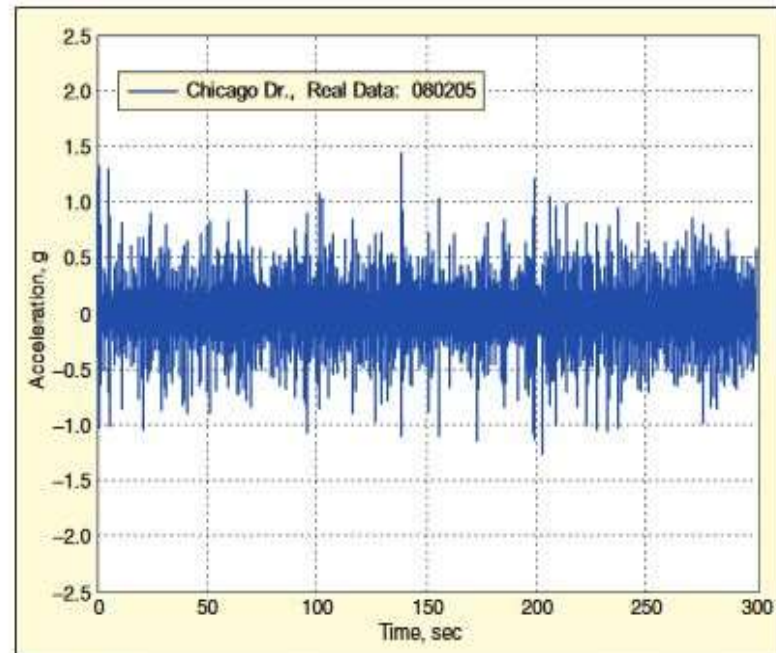


Figure 2. Acceleration time history collected on vehicle dashboard while driving in Hudsonville, MI.

Random vibrációs követelmény



Experiment Interface Document - Part A (EID-A)

REF:	12_0005
Project:	ESEO – European Student Orbiter Satellite C0/C1/D/E1)
Date: 13/12/2013	Issue: 1.2



Req. ID	Requirement Description	Method	Sc																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Random Vibration ASD</th> </tr> <tr> <th>Frequency [Hz]</th> <th>ASD [g^2/Hz]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>0.105</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.525</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>0.525</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0.023</td> </tr> <tr> <td>Overall g_{rms}</td> <td>17.38</td> </tr> <tr> <td>Duration</td> <td>2.5 min/axis</td> </tr> </tbody> </table> <p>Any deviation shall be agreed with the customer.</p>	Random Vibration ASD		Frequency [Hz]	ASD [g^2/Hz]	20	0.105	100	0.525	300	0.525	2000	0.023	Overall g_{rms}	17.38	Duration	2.5 min/axis		
Random Vibration ASD																			
Frequency [Hz]	ASD [g^2/Hz]																		
20	0.105																		
100	0.525																		
300	0.525																		
2000	0.023																		
Overall g_{rms}	17.38																		
Duration	2.5 min/axis																		

A PSD (Power Spectral Density) görbe megadja a random gerjesztésnél a vizsgált test átlagos gyorsulását bármely frekvencián.

A görbe alatti terület a jel négyzetes átlaga (g^2) és a gyöke a gyorsulás effektív értéke.

A random tesztet zárt hurokban végezzük és az előírt PSD a shaker lapján valósul meg. Fontos tudni, hogy a kontrol ponton létrejövő mozgás statisztikus mérése a PSD, vagyis a különböző idők végtelen sok amplitúdója és fázisa.

Vizsgáljuk a jelfolyamot a 61. dián. Az rögtön látható, hogy a legtöbb amplitúdó a $\pm 0,5$ g nagyságú, bár vannak nagyobb értékek is. Könnyebb ábrázolni a gyorsulás értékek eloszlását ha megcsináljuk a jel hisztogramját.

Ez a Probability Density Function (PDS). Idővel kiderült, hogy ez a Gauss eloszlású gerjesztés sem elég realiztikus.

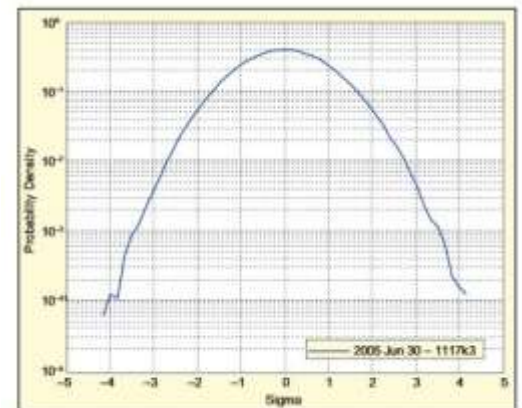


Figure 8. Probability density function for a lightbulb test using Gaussian distribution ($k = 31$).

Kurtosis™

Egy vibrációs kutatásokkal foglalkozó intézet szabadalmaztatta a fenti néven az új módszert.

A módszer lényege – szabad fordításban - meredekség kontrol.

A vibráció megrendelője szabja meg, hogy több nagyobb intenzitású gyorsulás érték legyen a spektrumban.

Ezáltal a Gauss „szép harang” ívelése kicsúcsosodik.

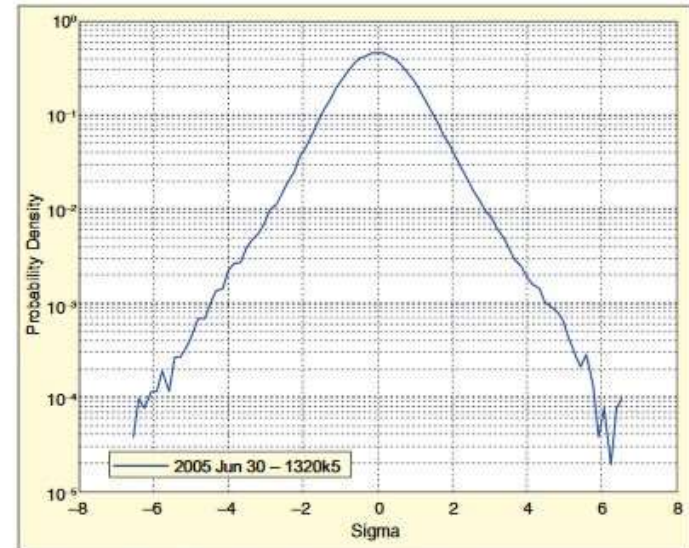
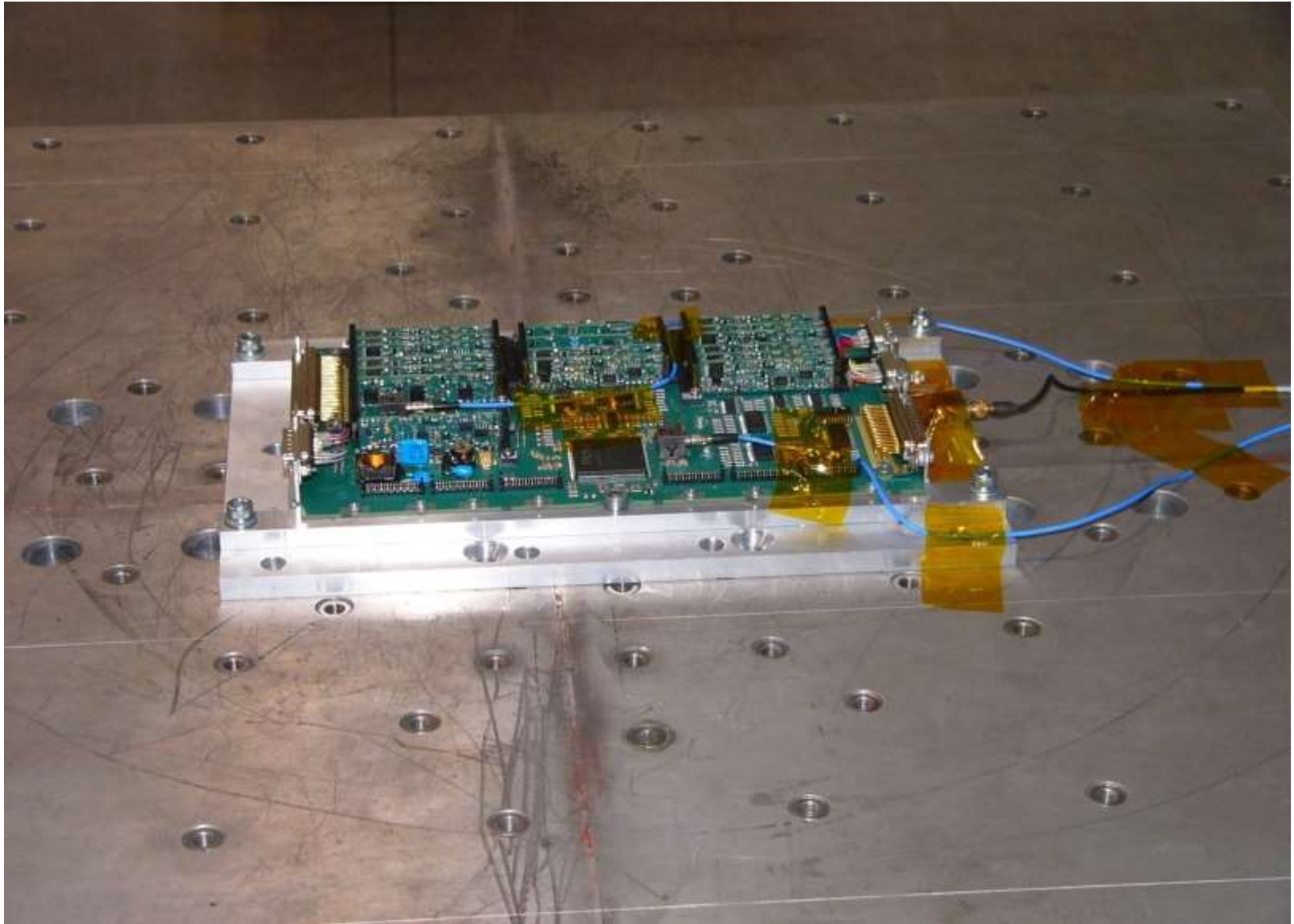


Figure 9. Probability density function for lightbulb test using Kurtosis Control ($k = 5$).

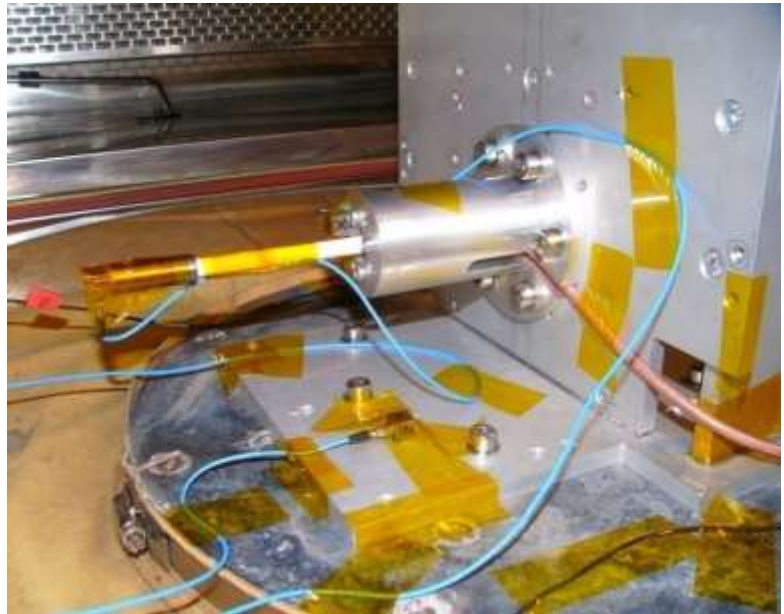
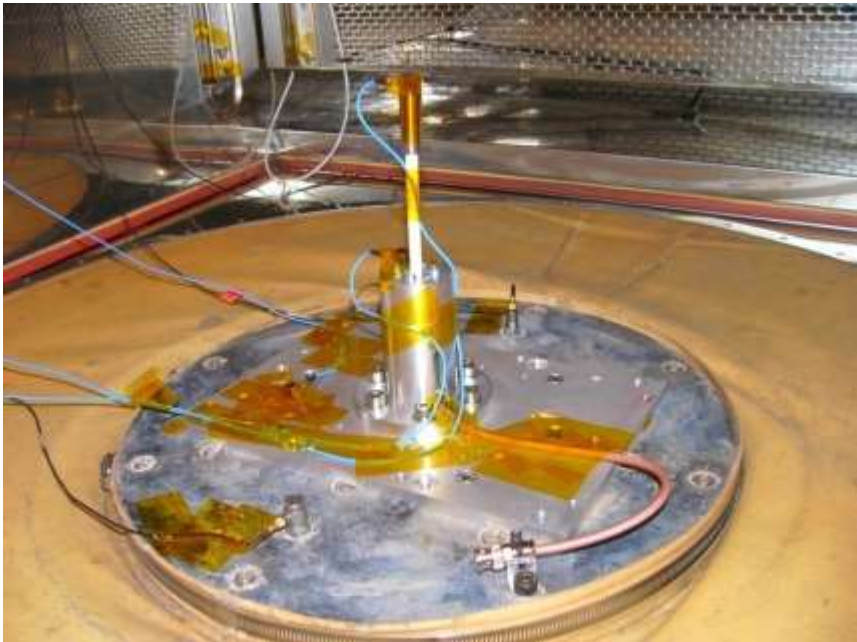
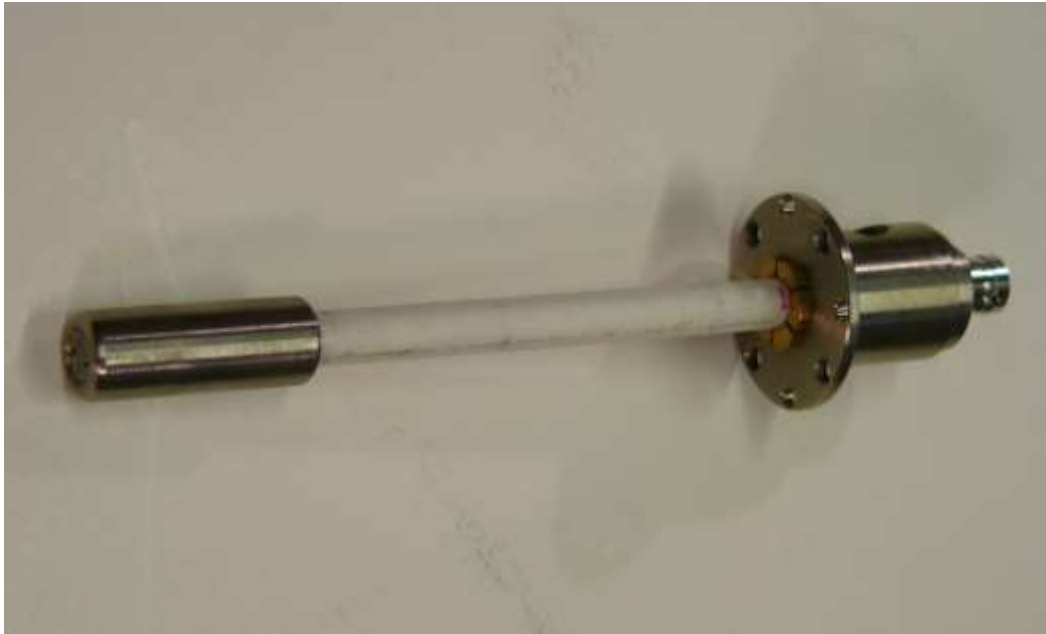
CSÚSZÓASZTAL

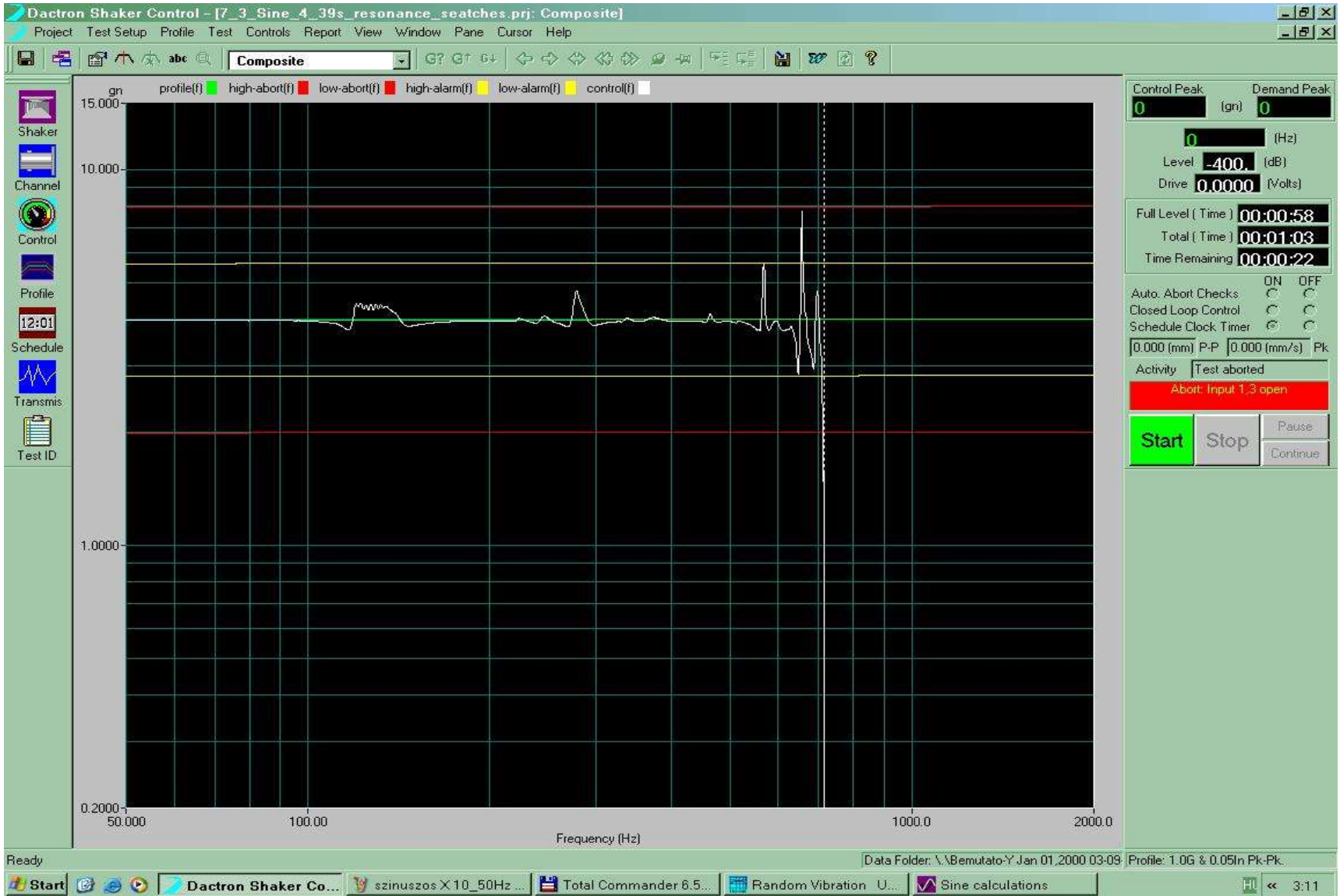






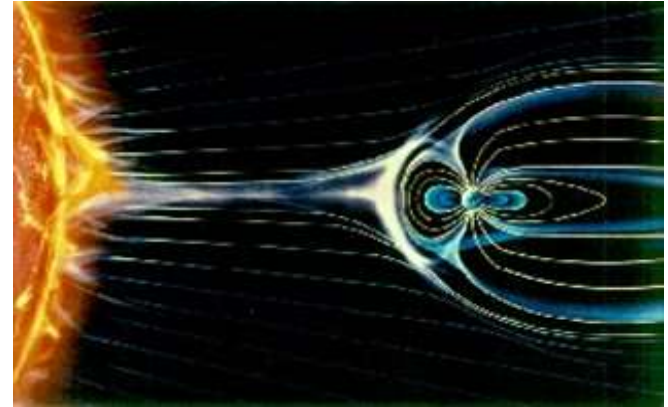






A XX. sz. elején Viktor Hess ballonos mérésekkel igazolta, hogy nem a Föld radioaktív kisugárzása az oka annak, hogy egy elektromosan feltöltött galvanométer száraz levegőben egy idő múlva elveszti töltését. Az ok egy sugárzás ami Földön kívüli eredetű.

Fogalmak: Kozmikus sugárzás
Naprendszer
Helioszféra
Lökéshullám



„Kérdés”: hasonlít-e a Föld magnetoszférája és a Helioszféra?
Lassan kialakul egy elképzelés a Naprendszer határvidékéről a Voyager-1, -2 mérései alapján. A galaxisokban 30-40 évenként bekövetkező szupernóva robbanásban $10E40$ J energia szabadul fel. Az itt keletkező anyagáramból pár % jut el a Naprendszerhez.

A napszél és a csillagközi szél ütközéséből egy bonyolultabb lökéshullám rendszer jön létre mint amilyen Föld mágn. tere és a napszél találkozásánál kialakul.

Hasonló-e a Föld magnetoszférája és a Nap helioszférája?



A magnetosféra akadályt képez a szuperszonikus, ionizált napszél számára. Hasonló akadály lehet a heliosféra is az áramló csillagközi közegben, de van néhány fontos eltérés:

A csillagközi szél lassúbb, és csak részlegesen ionizált. Mágneses terének erőssége kérdéses.

A magnetoszférában csak igen kevés anyag áramlik kifelé, a mágneses tér viszont erős. Nincs belső lökéshullám.

A heliosféra orrtávolsága kb. 10^5 -ször nagyobb, de a csóva mérete és szerkezete még kérdéses.

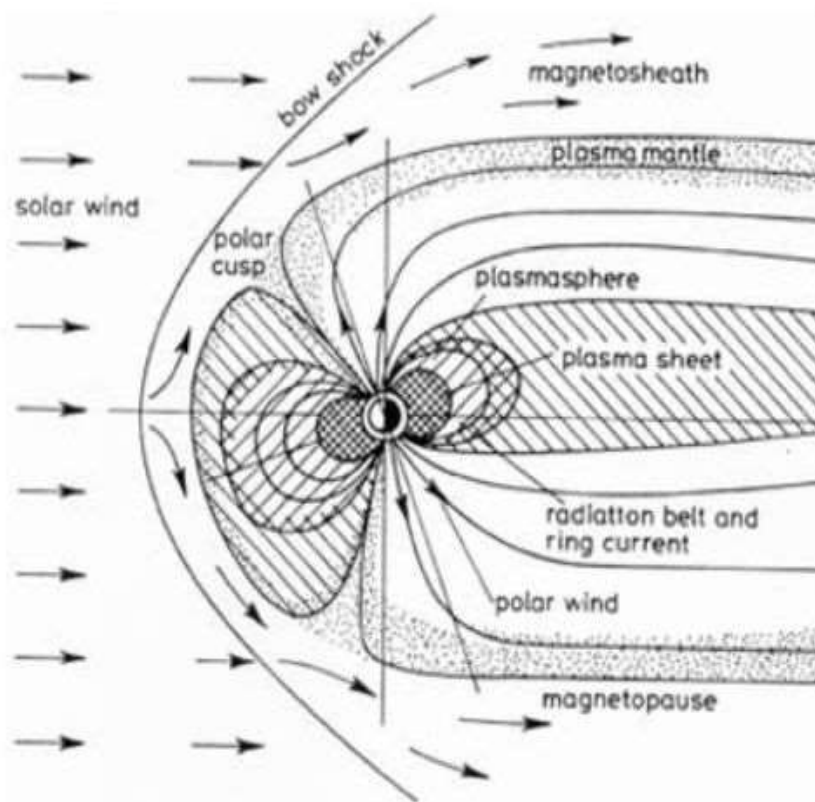
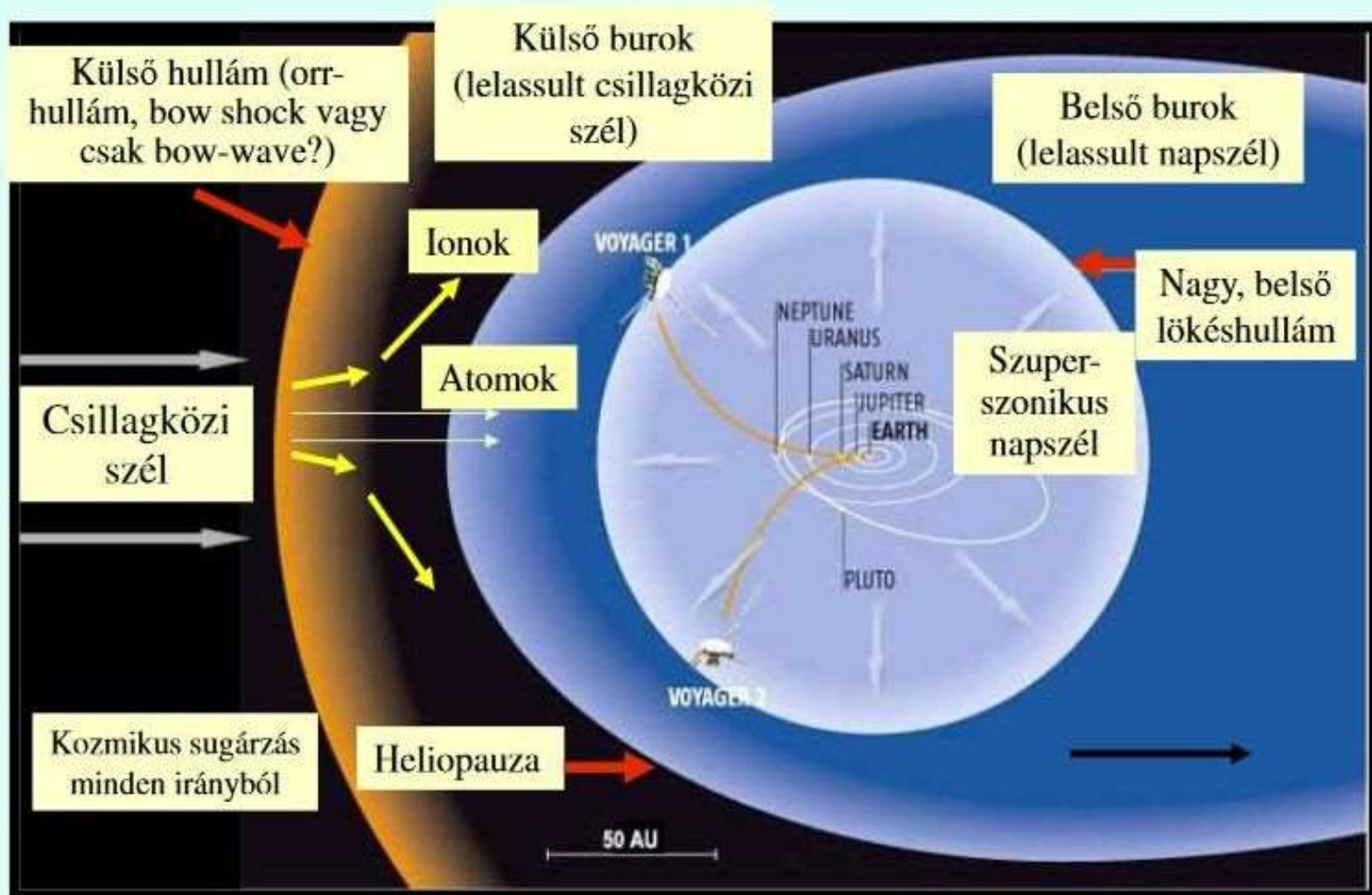


Figure 1 – Earth magnetic field. Source: Davies (1990).

A Helioszféra szerkezete



Hagyományos elképzelés a Helioszféra szerkezetéről és határaitól

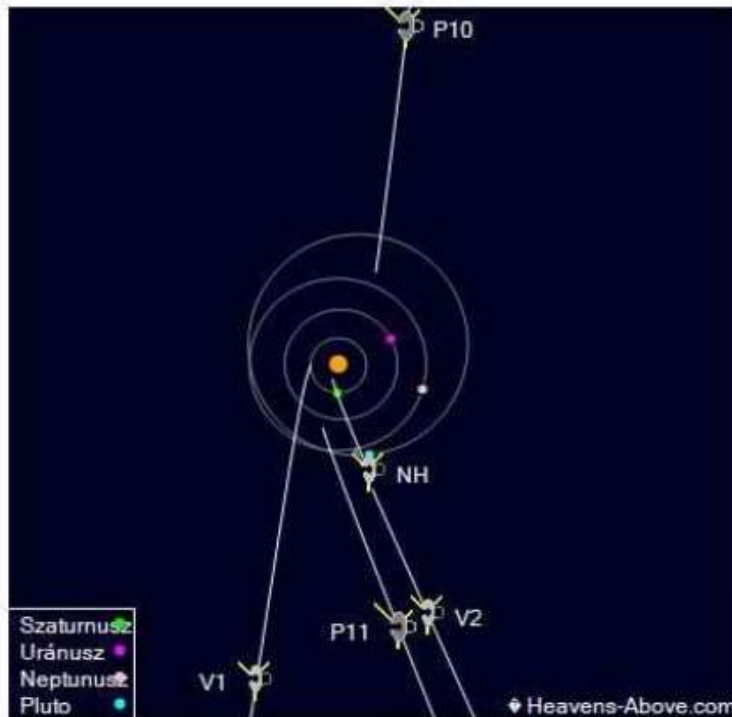


A Voyager 1 és 2 méréseiből azt látják a fizikusok, hogy két lökéshullám van. Magyarázat: kifelé is van anyagáramlás.

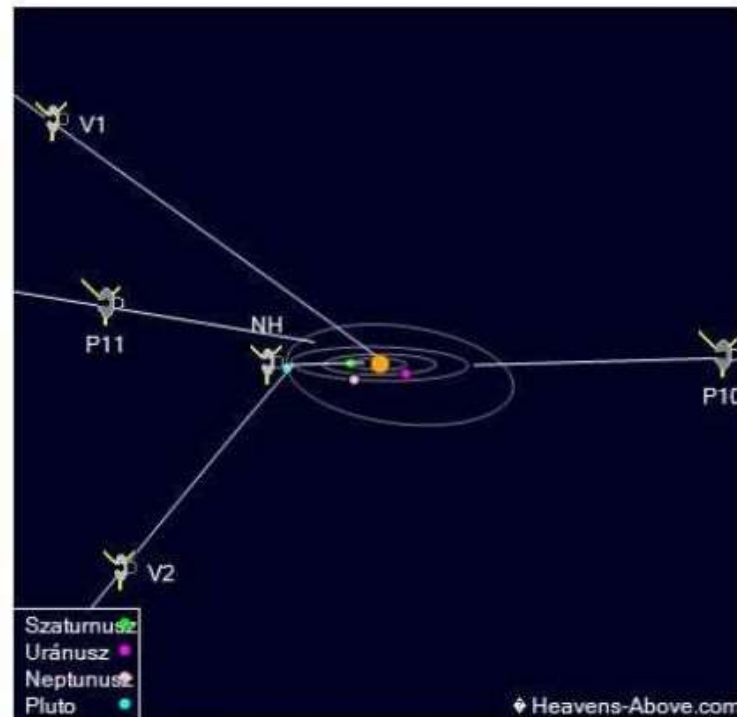


A Naprendszert elhagyni készülő űrszondák helyzete

Ez az oldal a naprendszert szökési pályán elhagyó öt űrhajó - első csillagközi hírvivőink- pályáját és más érdekes adatát mutatja. Ezen a skálán a legközelebbi csillag kb. 100 méterre lenne a Naptól és a Voyager 1-nek közelítőleg 70000 évre lenne szüksége az eléréséhez.



Az ekliptikus sík 90°-os felülnézete



Ekliptika feletti 10°-os látószög

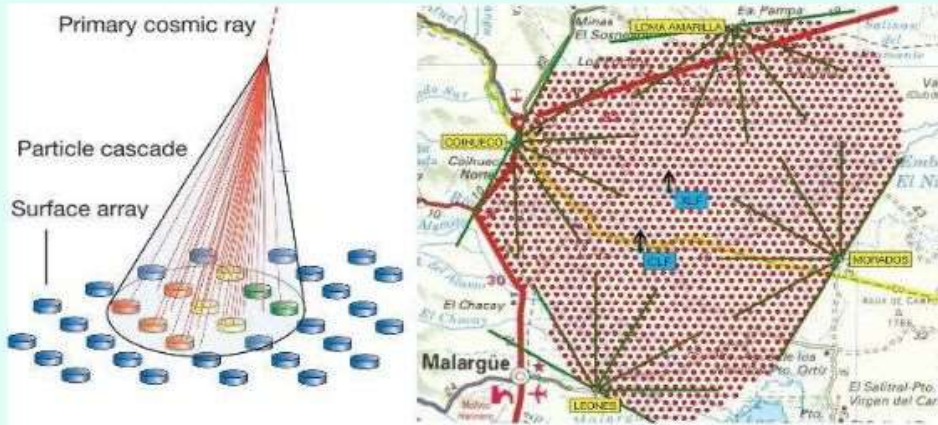
A nagy energiájú részecske felső légkör atomjaival ütközve a felszínen részecske (lég) záport okoz.

Nagy felületen elhelyezett detektorokkal mérik, pld.

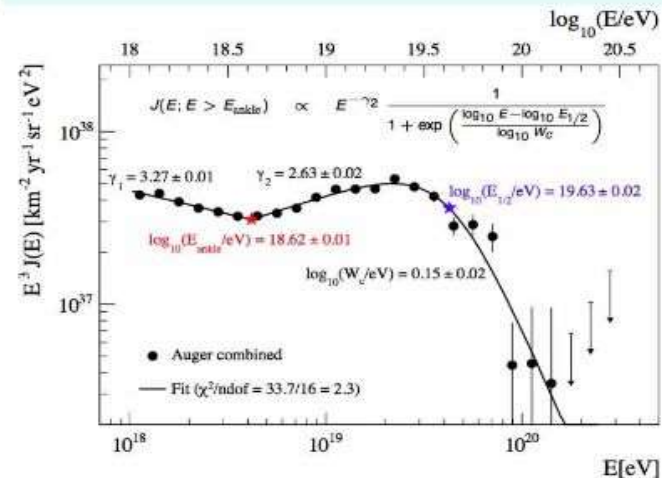
Japánban – AGASA – 100km²-

A déli és az északi féltekén 3000km²-en „szétszórt” detektorokkal (1600 db) Argentínában már felépült az AUGER projekt. (Pierre Auger francia fizikus v.)

A 3000 négyzetkilométeres Auger detektor Argentínában



Alul a kozmikus sugárzási spektrum „vége”, amit az Auger mért ki, és ami a mikrohullámú háttéren való pionkeltésre utal.



Nagyobb témakörök:

1. A sugárzások hatása a fedélzeti eszközökre, az űrhajósokra
2. A monitorozás és adatkezelés
3. A sugárzások és az ürídőjárás.

Mértékegységek: Elnyelt dózis: Gray: $1\text{Gy}=1\text{J/kg}$
rad: $100\text{rad}=1\text{Gy}$

Karrier dózis:

$1\text{ Sievert}=1\text{Gy}\cdot w$

w: súlytényező

a súlyfaktor a függ a szövetek típusától, a sugárzás minőségétől.

	súlytényező	dózis
részcsele sugárzások		
alfa sugárzás	20	
neutron < 10keV	5	
neutron 100keV ÷ 2MeV	20	
szövetek		
hólyag, mell, máj	0.05	
csontthártya	0.01	
vastagbél	0.12	
környezeti sugárzások		
kozmosz a tengerszinten		240 $\mu\text{Sv}/\text{év}$
fogászati rtg.		5 $\mu\text{Sv}/\text{év}$
Föld (talajból - radon)		280 $\mu\text{Sv}/\text{év}$
Csernobil (kitelepitési krit.)		350 $\mu\text{Sv}/\text{élet}$
Fukusima (mentőknél-emelt szint)		250 $\mu\text{Sv}/\text{év}$

Vizsgakérdések:

Hogyan „minősítik” a nagyon nagy vákuumot, ha nem a nyomást adják meg?

Milyen hőközlési módokat ismer?

Mi a különbség az egyes hőközlési módok között?

Mutassa be a „termikus ohm törvényt”!

Mi a hővezetés mechanizmusa?

Mi a hővezetési tényező? Mértékegysége?

Mi a fajlagos hőkapacitás? Mértékegysége?

Írja le a hőátadás folyamatát!

Mi a magyarázata a fémek jó hővezető-képességének?

Mi a hősugárzás lényege? Mi a közös a hővezetés és a hősugárzás között és mi a különbség?

Mitől függ egy test emissziós tényezője?

Mi az elektromos modellje a hűtőbordák méretezésének? Mi az értelme az $R_{th\ j-c}$, $R_{th\ c-mb}$, $R_{th\ mb-a}$ hőellenállásoknak?

Mi polimer, mi a monomer? Mondjon példákat!

Milyen hőmérséklet tartományban használhatók a teflon és a kapton fóliák? Mi az alapanyaguk?

Milyen egy MLI „paplan” összetétele? Hány rétegű burkolatokat használnak? Hogyan jön létre a kis-értékű hőátadási tényező?

Mi lehet az oka annak, hogy a színfémekhez képest az ötvözetek rosszabb hővezetők?

Miért nem írtunk dimenziót az abszorpció ill. az emissziós adatokhoz?

Mi a curie hőmérséklet lényege?

Mit eredményez a curie hőmérséklet megközelítése és elérése?

A műanyagok alkalmazásának alapvető kritériumai?

Mit ajánlatos tudni a kerámia kondenzátorok hőfokfüggéséről?

Mi az ipari kerámiák használatának előnyei? Mondjon példákat!

Mi az izosztatisztikus sajtolás lényege? Hol használják?

Mennyi az ipari kerámiák maximális üzemi hőmérséklete?

Milyen villamosipari kerámia típusokat ismer? Mi a villamosipari kerámiák anyaga?

A villamosiparban milyen kerámia alkatrészekkel lehet tervezni?

Mit ajánlatos tudni a kerámia kondenzátorok hőfokfüggéséről?

Mi a hőciklus-vizsgálatok lényege?

Mi a Paschen törvény?

A vibrációra történő tervezéskor milyen jellegű hibákra lehet számítani?

Miért célszerűbb a kitérést vizsgálni a rázó igénybevételéknél?

Mit jelent egy kártya saját frekvenciája?

Az alkatrészek beültetésével hogyan változik a kártya saját frekvenciája?

Foglalja össze néhány pontban egy rázásálló konstrukció tervezési

Irányelveit!

Hogyan néz ki a frekvencia és a kitérés függvényében egy átviteli görbesereg?

Mi a szinuszos vibrációs vizsgálat?

Mi a random gerjesztés lényege?

Mi az a csúszóasztal?

Mi a meredekség kontrol?

Mi a lökéshullám?

Mi a részecske zápor?

Mi az elnyelt sugárdózis egysége?