

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

[Doprovodné ilustrace k článku Hranice fyziky a jejich role ve společnosti]

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 26 (1981), No. 2, [90a]--[90h]

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138656>

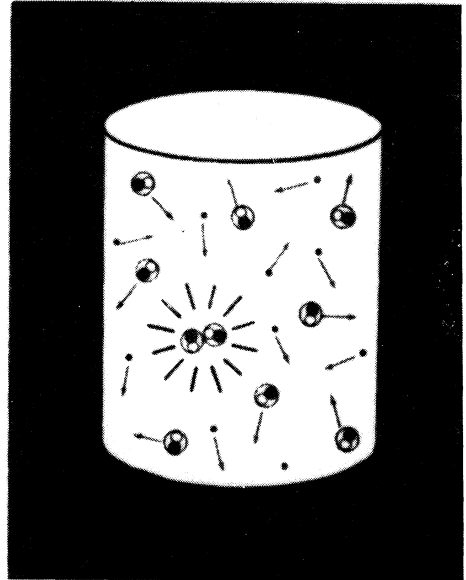
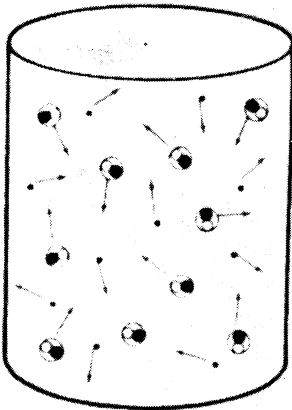
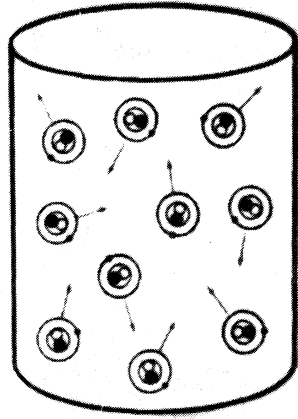
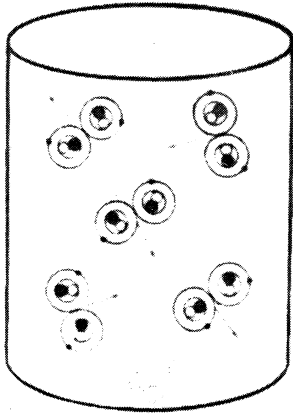
## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1981

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

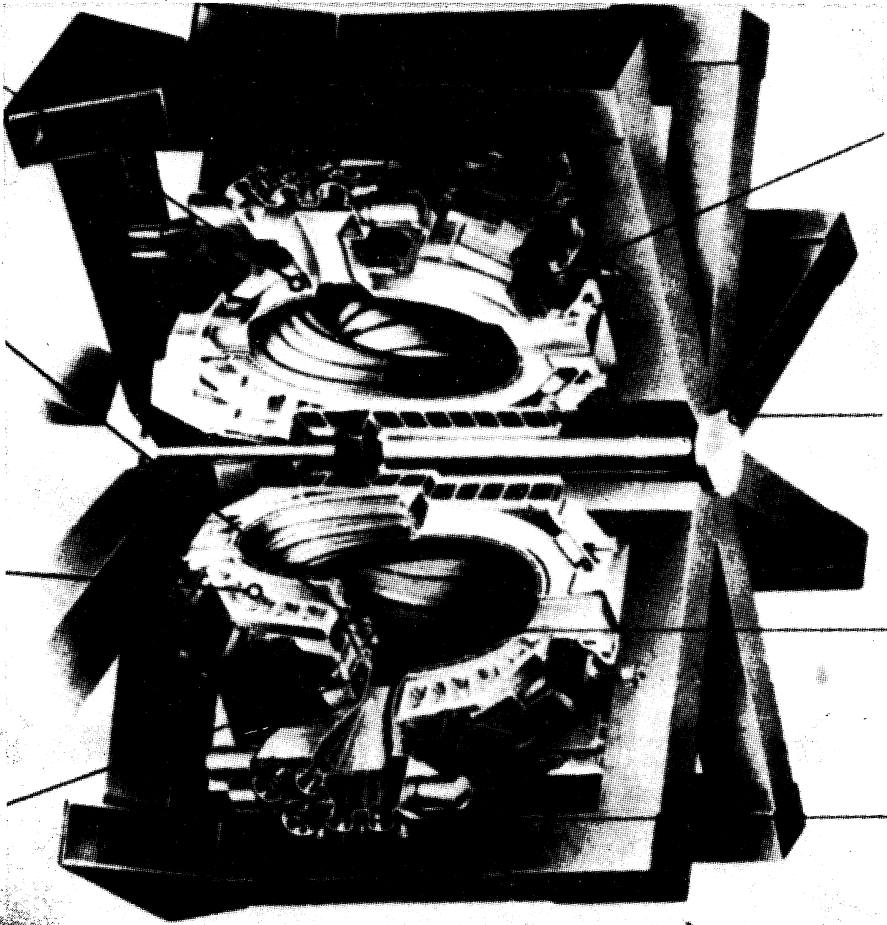


This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>



Obr. č. 17. Myšlenkový experiment ukazuje zahřívání deuteronového plynu. Plyn na obrázku vlevo nahoře je při pokojové teplotě a atmosférickém tlaku 15 liber na čtvereční palec. Při zahřátí na 5000 °C (vpravo nahoře) se diatomové molekuly rozštěpí na atomární deuterium a tlak vzroste na 600 liber na čtvereční palec. Jestliže

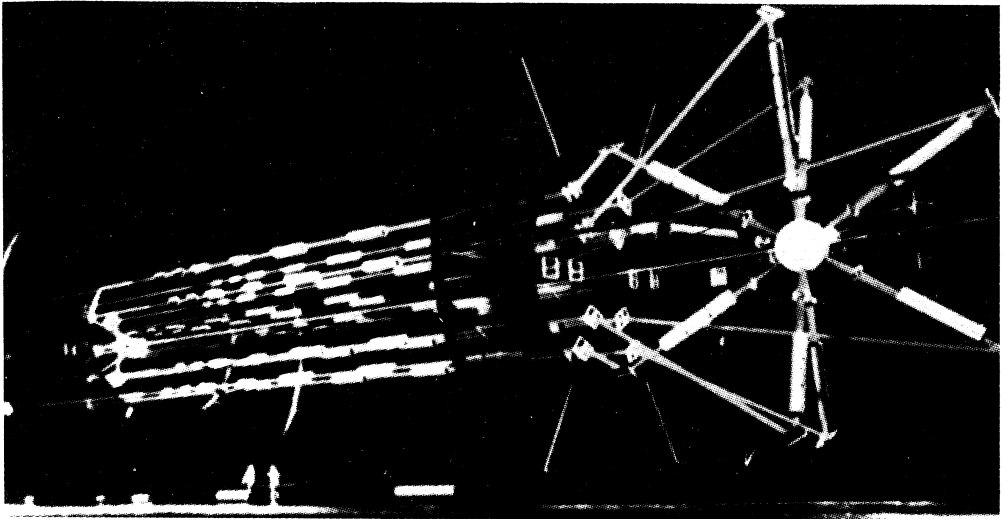
teplota vzroste až na 100 000 °C (vlevo dole) atomy se ionizují a vytvářejí plazmu elektronů a deuteronů. Tlak je nyní 20 000 liber. Při teplotě 100 milionů stupňů C a tlaku 22 milionů liber se mohou již některé deuterony sloučit a uvolnit přitom energii, ale reakce se dosud sama neudrží.



Obr. č. 18. JET (Joint European Torus) budovaný v Culhamu má vertikální protáhlý průřez tvaru D. Může pracovat s pevným tvarem plazmy nebo stlačeným a redukovaným objemem plazmy. Pro získání představy o velikosti takového zařízení je na obrázku vlevo znázorněna lidská postava. Podobná zařízení se konstruují a testují jak v USA, tak v SSSR.

Obr. č. 19. Umělcova představa o laserovém zařízení s mnoha svazky v Lawrence Livermore Laboratory, jež obsahuje 12 řetězců laserových zesilovačů. Kombinace svazků bude schopna ozářit palivovou kuličku asi 10 kilojouly optické energie během 100–500 pikosekund trvání pulsu, což je ekvivalentní výkonu 20–100 TW. Rozměry přístroje jsou naznačeny postavami pod zesilovači.

Obr. č. 20. HEARTHFIRE — model systému fúze založené na využití urychlovače těžkých iontů, navržený v Argonne National Laboratory. Velký prstenec je akumulární magnetický prstenec synchrotronu těžkých iontů, který by měl shromažďovat přesně 100 obíhajících pulsů těžkých iontů,

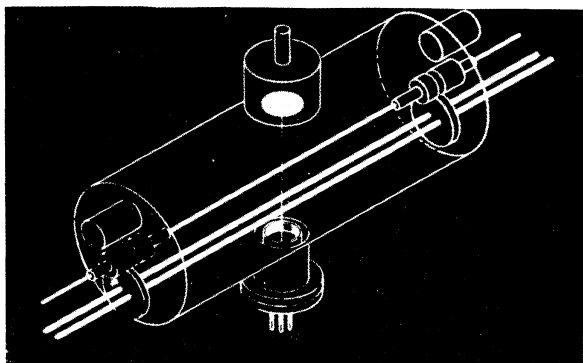


19.

20.



získaných z lineárního urychlovače a urychlit je na energie okolo 1 GeV. Jakmile se dosáhne požadované energie, je 100 odkláněcích magnetů v průsečících radiálních transportních linek a hlavního prstence na krátký okamžik zmagnetováno, čímž jsou pulsy těžkých iontů nasměrovány do centrální fúzní komory. Složitě tvary zařízení jsou nutné, neboť směry všech 100 pulsů musí být symetricky rozloženy okolo palivové kuličky a pulsy samotné ji musí zasáhnout přesně synchronizovány. K tomuto účelu jsou pak uzpůsobeny délky transportních linek. Velikost navrhovaného zařízení je naznačena postavou v levém dolním rohu.



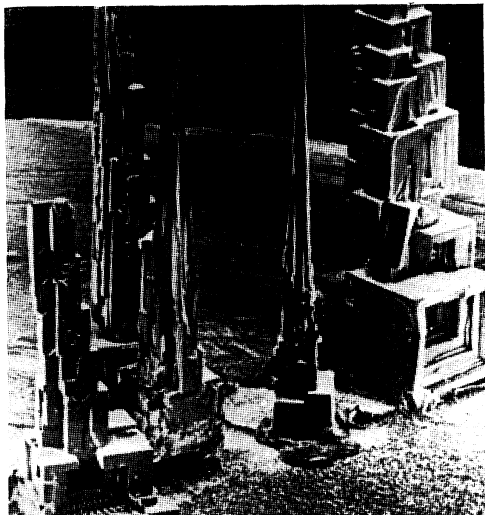
Obr. č. 23. Jednotlivé atomy lze detekovat pomocí pulsů laserového paprsku procházejícího plynovým proporcionálním počítačem. Laditelný laser je užíván k selekci a održení jednoho elektronu od každého atomu předem určeného typu. Díky tomu, že proporcionální počítače dokážou detektovat jednotlivé elektrony, lze detektovat atomy zasažené laserovým paprskem. I když způsob detekce je poměrně jednoduchý, je natolik spolehlivý, že lze nalézt jediný atom daného typu mezi  $10^{18}$  jiných atomů. Tato metoda též umožňuje časoprostorové určení daných atomů, takže je možné provádět měření v určité části prostoru a v daném čase s citlivostí srovnatelnou s rozměry atomu. V tom případě je použit ještě druhý laserový paprsek k produkci atomů disociací molekul.

Obr. č. 24. Jednotlivé atomy thoria a jejich shluky v polymerní organické soli 1,2,4,5 benzenové tetrakarboxidové kyseliny jsou vyfotografovány na  $25 \text{ \AA}$  silný uhlíkový film. Jedna strana fotografie je dlouhá asi  $2100 \text{ \AA}$  a byla pořízena skanovacím elektronovým mikroskopem s vysokou rozlišovací schopností v laboratoři A. V. Crewa.

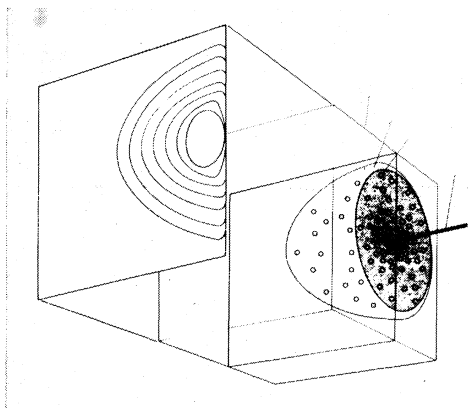


Obr. č. 25. Prostorový obrázek rakovinové buňky v lidském těle zvětšené 3000krát ukazuje, jak se tyto buňky rozrůstají a obklopují normální tkáň.

Obr. č. 26. Krystal teluridu cínu zvětšený 60krát. Telurid cínu je základem nového polovodičového zařízení k příjmu infračerveného záření o vlnových délkách  $8\text{--}14 \text{ \mu m}$ . Zařízení pracuje



při provozní teplotě  $-77 \text{ }^\circ\text{C}$  a jeho detektivita  $D^* = 210^{10} \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$  a krátká mrtvá doba  $10 \text{ ns}$  otevírá nové možnosti techniky zobrazování a komunikace v oblasti tepelných vln, které lze použít k vývinu bezšumových systémů pomocí heterodynních laserových paprsků.

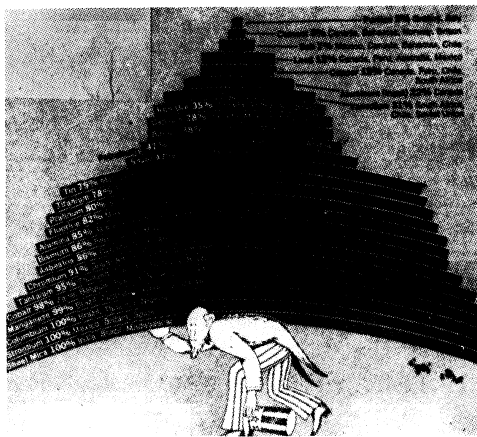


Obr. č. 27. Levá část obrázku ukazuje kapičky kapaliny vytvořené z elektronů a děr, vzniklých nepřítomností elektronů v krystalu germania. Vzorek germania je velmi čistý a je udržován na nízké teplotě (několik stupňů Kelvina). Za těchto okolností lze pomocí infračerveného laserového záření dopadajícího na povrch krystalu produkovat velké množství elektronů a děr. Elektrony a díry mohou vytvářet vázaný dvoučásticový systém podobný vodíkovému atomu nazývaný exciton. Excitony se chovají jako plyn vznášející se v krystalu, a když jejich „relativní vlhkost“ dosáhne určitého stupně, některé z nich zkonduzují na kapičky. Na povrchu kapiček probíhá vypařování a kondenzace, které jsou udržovány v rovnováze. Největší koncentrace kapiček je v bodě, kde laserový paprsek dopadá na vzorek. Pravá část obrázku ukazuje plochy konstantní hustoty kapiček, jak je změřili experimentátoři v Bellových laboratořích. V excitovaném plynu i v kapalině se elektrony a díry neustále rekombinují a emitují infračervené záření pozorované jako luminiscence. Zásoba elektronů a děr je doplňována laserovým zářením.

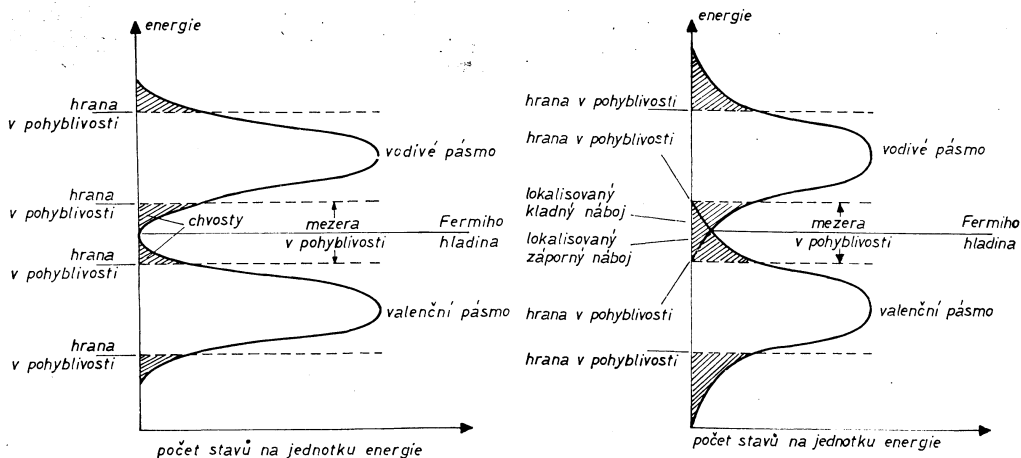
Jasná oblast na pravé straně obrázku prozrazuje přítomnost tekutiny podobné elektron-děrové kapalině. Fotografie byla pořízena skupinou výzkumných pracovníků kalifornské univerzity v Berkeley, kteří pomocí skanovacího zařízení, podobného televizní kameře, objevili infračervenou luminiscenci této tekutiny. Vzorek je udržován na teplotě okolo 2 stupňů Kelvina a je stlačen šroubem ve směru jedné krystalové osy. Elektrony a díry jsou vytvářeny laserovým zářením dopadajícím zezadu a pohybují se do oblasti největšího stlačení, kde se soustřeďují.



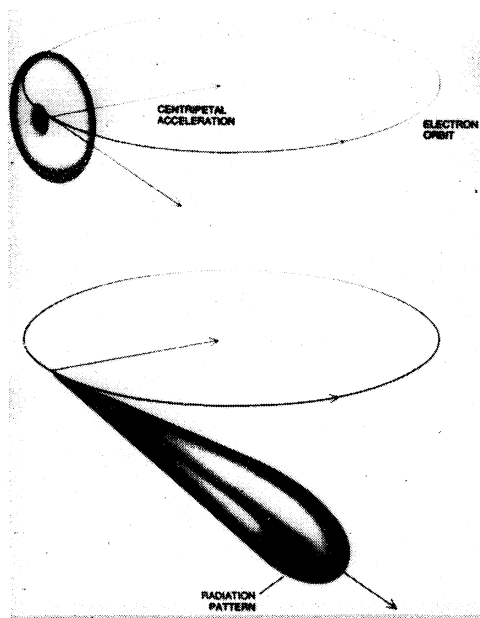
V těchto podmínkách je elektron-děrová tekutina mnohem řidší než bez stlačení a nosiče náboje mají delší průměrnou dobu života, než dojde k jejich rekombinaci. Tvar jasné oblasti je závislý na rozdělení tlaku.



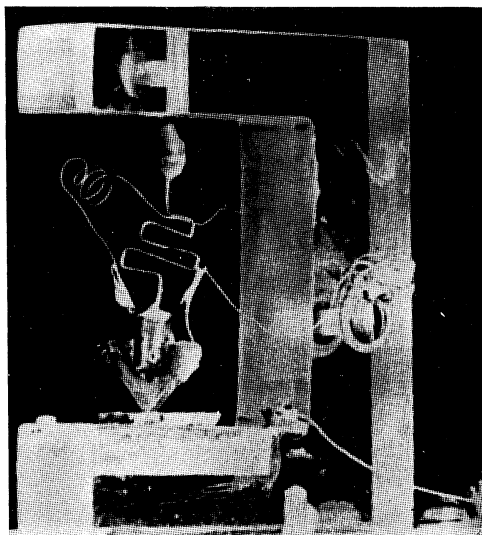
Obr. č. 28. Velmi schematické znázornění závislosti USA na zahraničních zdrojích některých důležitých surovin. Obrázek byl připraven na základě dat Amerického důlního úřadu pro rok 1976. Pro každý případ je závislost na dovozu uvedena v procentech celkové potřeby USA. Spolu s tím jsou uvedeny i hlavní zdroje.



Obr. č. 29 Amorfni polovodiče, které nejsou silně neuspořádané (vlevo), mají valenční a vodivostní pásy podobné jako u odpovídajících krystalických polovodičů. Rozlišujícím rysem pásů u amorfniích látek je skutečnost, že ostré hrany pásů, které jsou v krystalu, jsou nahrazeny „chvosty pásů“ neboli lokalizovanými stavy, které zasahují až do energetické mezery. Tyto lokalizované stavy jsou odděleny od stavů v hlavní části pásů „hranami v pohyblivosti“. Oblast mezi hranami v pohyblivosti valenčního a vodivostního pásu se nazývá „mezera v pohyblivosti“. Ta hraje u amorfniích polovodičů stejnou roli jako mezera v energii u krystalických polovodičů. Chemické nečistoty nebo defekty v konfiguraci lokálních vazeb mohou vést k ostrým strukturním změnám (nejsou naznačeny) v mezeře v pohyblivosti. Je-li neuspořádání velké, jak se očekává např. u mnohokomponentních skel (vpravo), mohou se chvosty vodivostních a valenčních pásů v mezeře pohyblivosti překrývat. To vede k přerozdělení elektrického náboje při přechodu elektronů z jednoho lokalizovaného stavu do druhého s nižší energií. Výsledkem je pak velká hustota kladně a záporně nabitých záchytných center, které snižují pohyblivost nosičů a činí materiál méně citlivý ke snahám změnit jeho vodivost chemickou cestou, tj. dopováním.

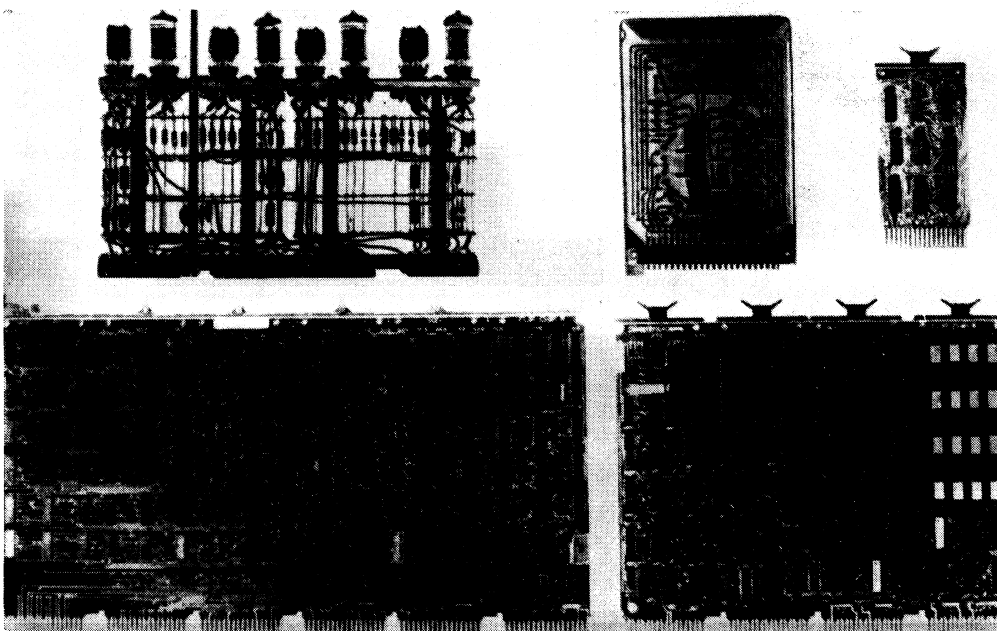


Obr. č. 30. Elektron na kruhové dráze má spojitě dostředivé zrychlení a v důsledku toho spojitě vyzařuje. Při relativně nízkých orbitálních rychlostech (podstatně nižších než je rychlost světla) vyzařovací diagram připomíná prstenec se středem k elektronu a rovinou maximální intenzity tangenciální k orbitě (nahore). Se vzrůstem orbitální rychlosti se vyzařovací diagram postupně deformuje. Při rychlostech elektronu blízkých rychlosti světla je záření omezeno jen na malý kužel tečný k orbitě (dole). Se změnou tvaru diagramu se mění také frekvence záření. Při nízkých rychlostech je rovno frekvenci rotace elektronu zatímco při vysokých je vyzářená energie rozdělena mezi mnoho jejích vyšších harmonických frekvencí a spektrum se stává v podstatě spojitě.

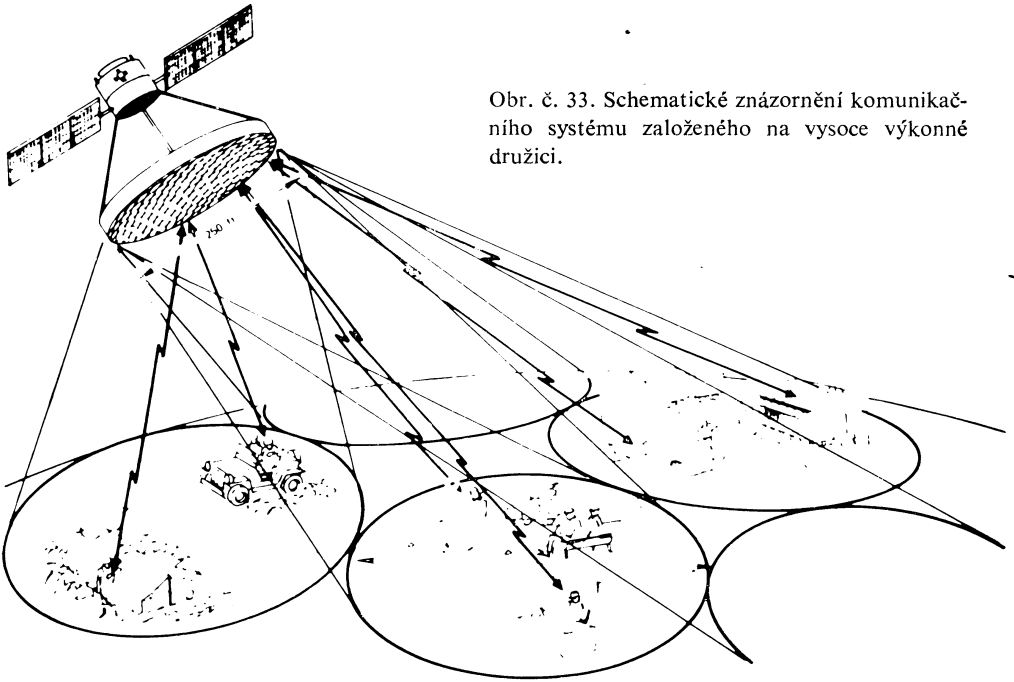


Obr. č. 31. To je první tranzistor, zkonstruovaný v r. 1947. Nazývá se tranzistor s bodovým kontaktem, protože v něm zesílení nastalo, když se dva bodové kontakty dotkly povrchu polovodiče. Kontakty nasazené na izolátoru ve tvaru klínu jsou velmi blízko sebe, takže je odděluje pouze několik tisícín palce. Kontakty jsou ze zlata a polovodičem je germanium. Polovodič je umístěn na kovové podložce. Konstrukce tohoto tranzistoru byla veřejně oznámena Bellovými laboratořemi 1. července 1948.

Obr. č. 32. Ilustrace postupu miniaturizace. Malý počítač vyžadoval 375 jednotek znázorněných vlevo nahoře. Pro srovnatelný počítač bylo zapotřebí 333 obvodů (nahore uprostřed) využívajících tištěné spoje a tranzistorovou logiku. K podobnému účelu stačilo 100 destiček obvodů vpravo nahoře založených na prvních integrovaných obvodech. V důsledku rychlého pokroku při vývoji integrovaných obvodů postačily později již jen 3 desky obvodů, které jsou vlevo dole; nakonec celý výpočet provádí jediná deska obvodů vpravo dole. Všechny obvody jsou ve stejném měřítku. Požadavky na energii se pochopitelně snížily ještě rychleji než fyzické rozměry. Při použití technologie dosažitelné v blízké budoucnosti by se celá jednotka měla vejít na jedinou křemíkovou destičku o několika čtverečních milimetrech.







Obr. č. 33. Schematické znázornění komunikačního systému založeného na vysoce výkonné družici.

Obr. č. 34. Typický ultrazvukový obraz břicha těhotné ženy v rovině hlavy plodu. Ozvěnové skvrny pod textem na levé straně jsou velmi pravděpodobně obrazem některé z končetin. Snímek byl pořízen na lékařské fakultě univerzity v Coloradu.

