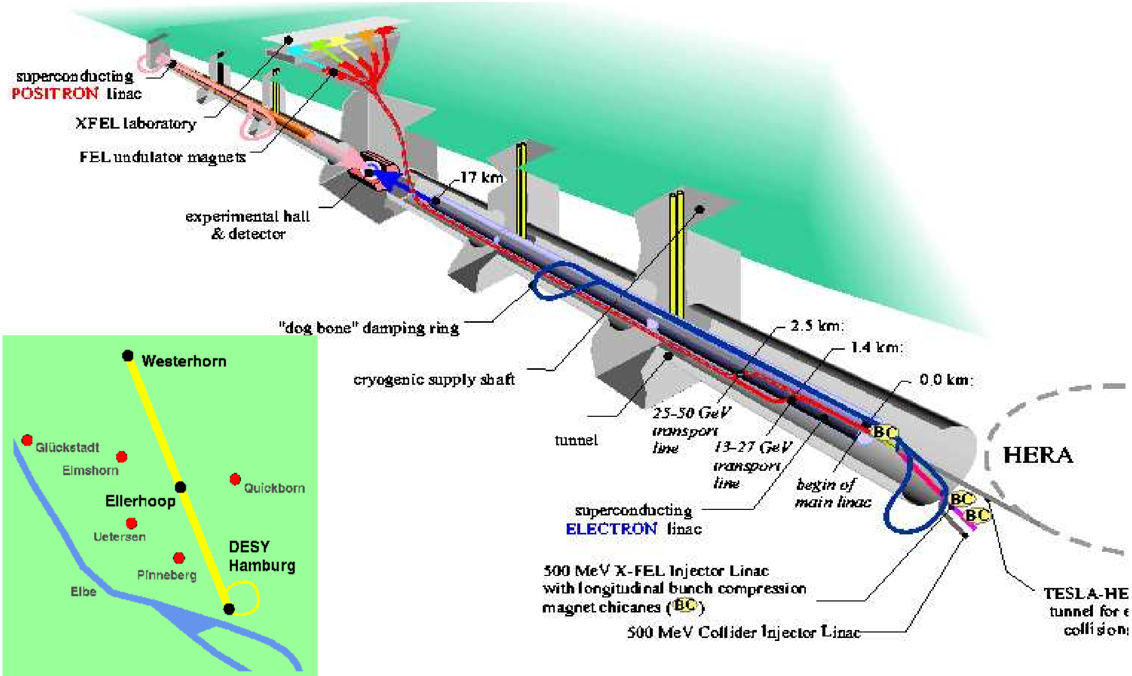
Projekt TESLA a jeho vedecký potenciál

V lete 2002 sa s najväčšou pravdepodobnosťou uzavrie niekoľkoročná snaha vedenia národného laboratória pre časticovú fyziku v Nemecku, DESY, Hamburg, o definitívne schválenie najväčšieho lineárneho urýchľovača elektrónov a pozitrónov - projektu TESLA. Definitívne *ÁNO* sa očakáva od spolkovej vlády. Nejedná sa o maličkosť, v hre je cca 8 miliárd nemeckých mariek, takže sa prirodzene natíska otázka, *čo za to?*.

V nasledujúcich riadkoch sa pokúsime na túto otázku odpovedať, navyše, a to je predovšetkým naším účelom, sa pokúsime opísať vedecký potenciál urýchľovača TESLA, ktorý je podľa nášho názoru príťažlivý aj pre našu vedeckú komunitu.
Najskôr niekoľko technických údajov:
Skratka TESLA pochádza z anglického '**T**eV-**E**nergy **S**uperconducting **L**inear **A**ccelerator'. Schéma projektu TESLA je znázornená na obr. 1. Celková dĺžka urýchľovača je 33 km a skladá sa z dvoch 15



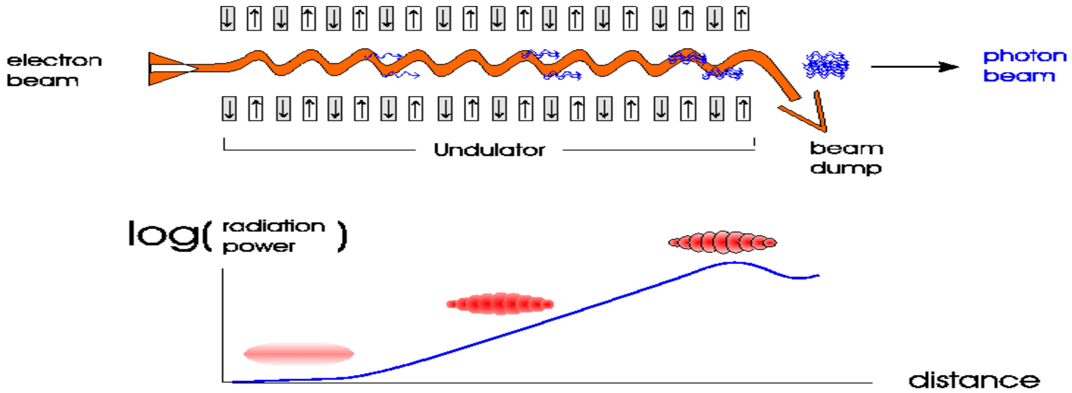
Obr. 1: *Pohľad na urýchľovací komplex TESLA s polohou jeho umiestnenia.*

km urýchľovacích sekcií, jedno rameno ktorej (začiatok urýchľovania elektrónov) sa začína v DESY a druhé vo Westerhornu (začiatok urýchľovania pozitrónov), viď ľavú dolnú časť obr. 1. Princíp urýchlenia bude založený na supravodivých rezonátoroch o celkovom počte 19 712, pracujúcich pri operačnej teplote 2 K. Sedem kryogénných hál, o rozmeroch 100 m x 35 m a výške cca 15 m, bude umožňovať vstup do tunela, ktorý bude v hĺbke cca 10-30 m. Priemer tunela bude cca 5 m. Odhadovaný čas konštrukcie sa pohybuje medzi 6 a 8 rokmi. Dnes na projekte participujú ústavy z desiatich štátov, včítane USA, Číny, ale aj Ruska a Poľska.

Účel projektu TESLA je mnohostranný: má slúžiť fyzike vysokých energií, kde zrážky elektrónov s pozitrónmi pri energii 500 GeV budú svojou predikciou konkurencie schopné projektu LHC v CERN, Švajčiarsko, ktorý je dnes v konštrukčnej fáze. V súlade s vedeckým zameraním DESY, ktoré sa orientuje aj na aplikačný výskum [1] - TESLA, ako zdroj synchrónneho žiarenia o vlnovej

[1]DESY sa skladá z približne rovnakých, čo do počtu zamestnancov, labolatórií HERA a HASYLAB. HERA je výhradne orientovaná k účelom fyziky vysokých energií, využívajúca jediný asymetrický urýchľovač protibežných

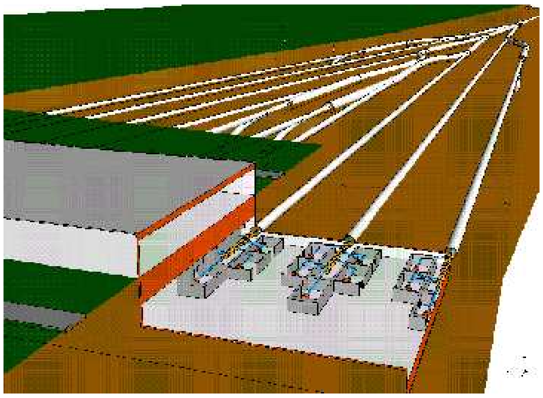
dĺžke od 5 do 0,5 nanometra, bude slúžiť k mnohostranným aplikáciám v oblasti výskumu tuhej fázy, biofyziky, medicíny alebo biológie. Zdroj synchrónneho žiarenia projektu TESLA je založený na princípe tzv. '**F**ree **E**lectron **L**aser (FEL)' so samozosilovacou spontánnou emisiou, viď obr. 2, ktorá zaručuje koherentnosť X-žiarenia. Jedná sa v podstate o interakciu elektrónov s elektromagnetickým radiačným poľom, ktoré vzniká v systéme vhodne geometricky a polárne usporiadaných magnetov (anglicky termín pre toto zariadenie je 'undulator'). Teda zásadný rozdiel medzi konvenčným laserom a FEL spočíva v type média, v ktorom dochádza k zisku. V konvenčnom laseri zisk vzniká zo stimulovaných emisií viazaných elektrónov v atómoch, či už v kryštále, v kvapaline alebo v plyne, v prípade FEL 'ziskové' médium predstavujú samotné, voľné elektróny.



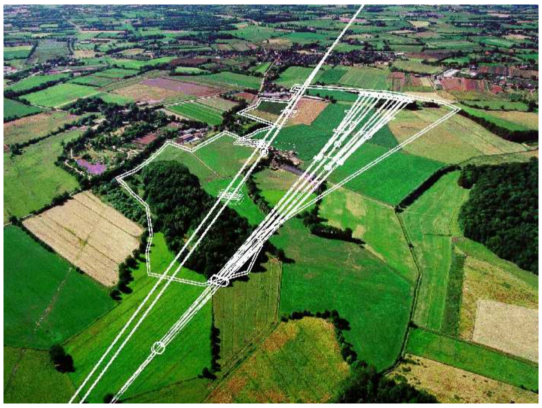
Obr. 2: *Schéma samozosiľovacej spontánnej emisie.*

Na dolnej časti obr. 2 je znázornená závislosť pozdĺžnej hustoty modulácie elektrónového mikrozhluku spolu s výsledným exponenciálnym rastom radiácie pozdĺž 'undulatora'. Poznamenajme, že počet mikrozhlukov je $\geq 10^5$.

Pre aplikačné účely bude postavená hala v tvare vejára, viď obr. 3a,b, zhruba 15 km od DESY v Ellerhoope, v ktorej bude tzv. **XFEL** laboratórium (z anglického **X**-ray **F**ree **E**lectron **L**aser') o ploche cca 55ha.



Obr. 3a: *Schématický plán XFEL laboratória.*



Obr. 3b: *Miesto, kde bude XFEL postavené.*

Nuž, čo nové sa očakáva od projektu TESLA? Prehľad možností urýchľovača TESLA môže čitateľ nájsť na web stránke

http://tesla.desy.de/new_pages/TESLA_Colloquium_transparencies.html.

zväzkov $e^{\pm}$ a protónov, HASYLAB sa orientuje na aplikačný výskum, nateraz využívajúci urýchľovač DORIS ako zdroj synchrónneho žiarenia.

Začnime najskôr fyzikou vysokých energií, resp. fyzikou elementárnych častíc. Na spomínanej web stránke je aj prednáška nositeľa Nobelovej ceny za fyziku prof. M. Veltmana. Prof. Veltman tu sumarizuje dnešné status quo v tejto oblasti a za najdôležitejší prínos projektu TESLA považuje precízne meranie higgsových troj- a štvorbodových vrcholov. Čo sa tým má na mysli? Začnime najskôr historickou paralelou: objav slabých kalibračných bozónov ($W^{\pm}, Z^0$) sa uskutočnil na urýchľovači SPS v CERN. Šlo však len o pár prípadov, z ktorých sa nedala extrahovať informácia o ich väzbe k 'ostatnému svetu'. Aby sa tak stalo, bolo treba vybudovať 'fabriku na Z^0–bozóny', a tou sa stal urýchľovač LEP opäť postavený v CERN. LEP dokázal vyprodukovať milióny $W^{\pm}$ a Z^0–bozónov a umožnil tak uskutočniť precízne merania, z ktorých napr. vieme, že počet ľahkých neutrín je rovný trom a pod. V dosť podobnom svetle vystupujú vedľa seba urýchľovače LHC a TESLA. Kým totiž LHC bude pracovať s protónmi (ktoré bude urýchľovať na energiu zrážky 14 TeV), TESLA bude pracovať s elektrónmi a pozitrónmi, teda s časticami, ktoré sú bezštruktúrne (bodové), a ktoré preto nebudú vnášať systematiku plynúcu zo svojej nebodovosti do konečných analýz. Pri predpokladanej vysokej štatistike prípadov, v ktorých bude vystupovať jediná nateraz Štandardným modelom predpovedaná a experimentálne nepozorovaná častica, higgs, bude preto možné sledovať aj reakcie, v ktorých bude súčasne vystupovať viac higgsov. Práve toto mal na mysli prof. Veltman. Analýza takýchto vzácnych prípadov by nám mala umožniť bližšie pochopiť napr. väzbu higgsa s fermiónmi, štruktúru higgsovho potenciálu a jeho systému, ale, čo možno čitateľa prekvapí, aj nazrieť hlbšie do podstaty kozmologickej konštanty.

Projekt TESLA má ale aj neobyčajne príťažlivý aplikačný potenciál. Ten, popri nami už uvedenej wed stránky, je podrobne popísaný aj na stránke:

http://tesla.desy.de/new_pages/TDR_CD/PartV/fel.html

v jej tretej kapitole.

Na nami uvedených obidvoch web stránkach čitateľ, zaujímajúci sa o aplikačné možnosti TESLA, nájde skutočne hodne námetov. Sú tu napr. podrobne spomenuté výhody XFEL oproti tradičným zdrojom synchrónneho žiarenia. Snáď k najzaujímavejším patria aplikácie v oblasti femtochémie, pracujúcej s ultrakrátkymi časmi, možnosti štúdia molekulárnych štruktúr bez použitia kryštalizácie, možnosť precízneho určenia dynamických konfiguračných zmien v kvapalinách a tuhých látkach, alebo ako samotní autori o aplikáciách s XFEL píšu, použitie nelineárnej interakcie γ–lúčov a matérie, ktorá vedie k mnohofotónovým procesom v atómoch a molekulách, ktoré pomocou súčasných zdrojov synchrónneho žiarenia nie je možné študovať. K neposledným zaujímavým aplikáciám patrí aj fokusácia X-lúčov do oblasti menšej ako μm^2, čo sa ukazuje výhodné pre štúdium plazmy pri teplotách a tlaku, ktoré sú pre nás doposiaľ nedostupné.

Čo dodať záverom? Domnievame sa, že pre odborníkov sú jasné aplikačné možnosti projektu TESLA (kolegov z môjho odboru nespomínam, nakoľko viem, s projektom TESLA sú oboznámení všetci), u neodborníkov snáď tento projekt vzbudil aspoň záujem, nuž a pre študentov nech je to istý typ výzvy.

Doc.RNDr. Dušan Bruncko, CSc.
ÚEF SAV Košice