NUMERIKUS GRAVITÁCIÓELMÉLETI SZÁMOLÁSÁSOK GPU-N

Nagy Máté Ferenc

Budapest VIRGO – ELTE TTK Fizika MSc

2012 GPU-nap

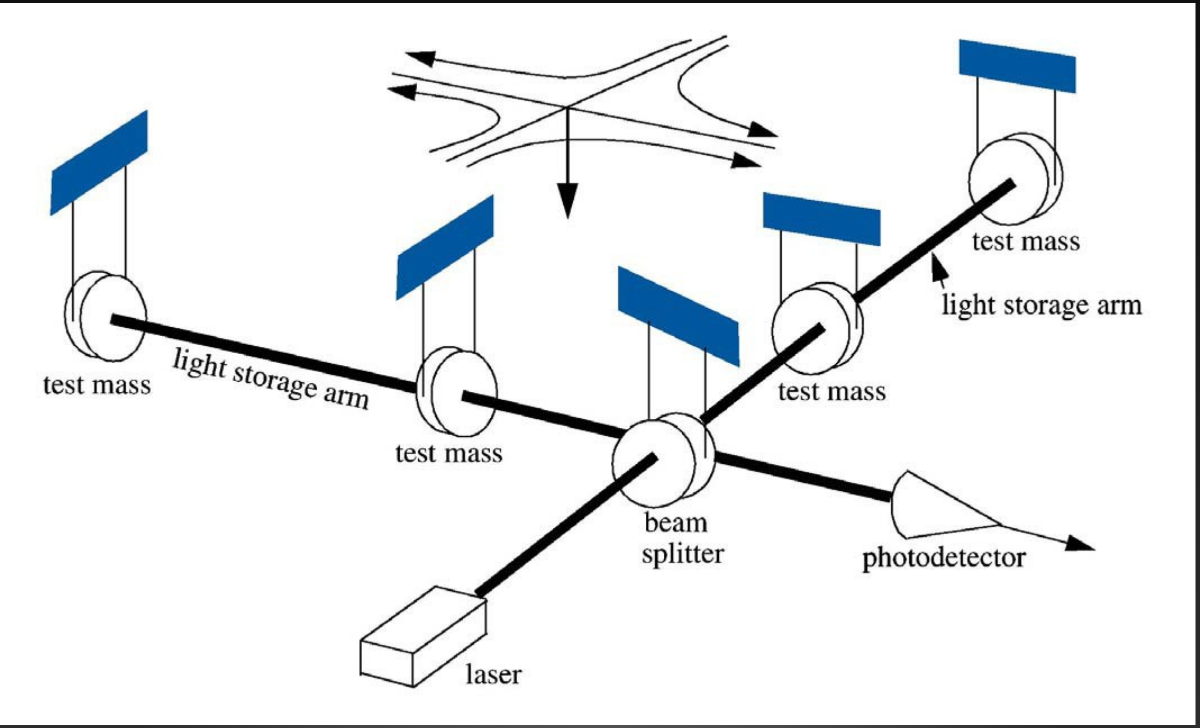
MOTIVÁCIÓ

- Gravitációs hullámokat keresünk.
- Számításigény miatt csak elő- és utómunkálatokat lehet végezni az adatokon.
- Cél az előmunkálatok pontosítása és az utó feldolgozás interaktívvá tétele.
- Miért kell interaktivitás?

„- And how come we didn’t see this thing coming?
- Uhm, sir… with the satellites available we can only scan 10% of the sky, and pardon me sir, but it’s a big ass sky.”
- Armageddon

A DETEKTOR

- Michelson-Morley interferométer



A PROBLÉMA

- Jel/zaj viszony borzasztó rossz. A jel teljesítménye sok nagyságrenddel kisebb, mint a jelé.
- Konfidencia szintet tudunk mondani arra, hogy az adott jelalak benne van a zajban.
- A template-k mintái a paramétertérnek (égitest tömegekre, konfigurációkra).
- Mennél jobban eltér a template alakja a valódi jeltől, annál valószínűtlenebb, hogy detektálni tudjuk.
- A detektor tervezése és finomhangolása a modelljeink alapján történik.

LINEARIZÁLT EINSTEIN-EGYENLET

- Lineáris közelítésben vákuum közeget tételezünk fel, sík és kis görbületű téridővel.
- A források közelében azonban a linearitás csak közelítőleg igaz.
- Ha a források közelében már torzulnak a szimulált jelalakok, akkor detektálási távban már lényeges torzulást szenvedhetnek.

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi T_{\mu\nu}$$

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu} + \sigma\left(\left[h_{\mu\nu}\right]^2\right)$$

RÁCS SZÁMÍTÁSOK

- Numerikus megoldás rács számítással történik.
- Potenciális Klein-Gordon egyenlet megoldása fog kelleni nekünk.
- Csatolt parcdiff egyenlet léptetésre vezet.
- Node miért kell erre GPU?

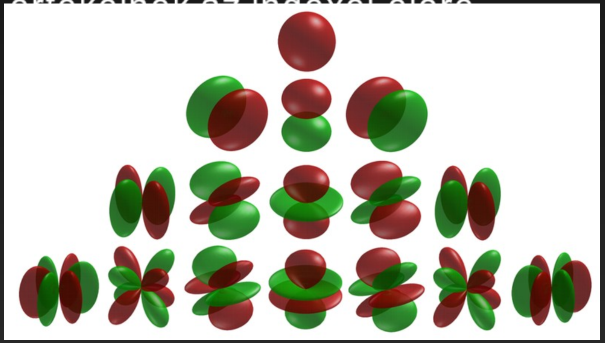
$$\partial_t^2 \Phi - \Delta\Phi - V(\Phi) = 0$$

$$\partial_t \Psi_t = \partial_r \Psi_r + \frac{1}{r^2} \Delta_{\mathbb{S}^2} \Psi - rV\left(\frac{1}{r}\Psi\right)$$

$$\partial_t \Psi = \Psi_t \qquad \partial_t \Psi_r = \partial_r \Psi_t$$

AZ ÖRDÖG A RÉSZLETEKBEN

- A potenciálos tag számtása:
  $V(\Psi)_l^m = \sum_{l_1,m_1} \sum_{l_2,m_2} A_{l_1}^{m_1} A_{l_2}^{m_2} \int_0^{\pi} d\vartheta \int_0^{2\pi} d\varphi Y_{l_1}^{m_1} Y_{l_2}^{m_2} Y_l^m$
- Az integrál előre elvégezhető. Ez lesz $G_{l1,l2,l}^{m1,m2,m}$ Gaunt-együtthatók mátrixa.
- Ez egy háromindexes szörnyeteg, ami szerencsénkre egy ritkamátrix.
- Az együtthatók értékei előre számolhatók, de azok nem-nulla értékeinek az indexei előre nem tudhatók.
- Ritkamátrix szorzás GPU-n fáj.
- Ritkamátrix szorzás térbeli rácspontonként (!) kell elvégezni.



VIZUALIZÁCIÓ

- Ha már egyszer valamit számolunk, (főleg ha nem tudjuk pontosan, hogy minek kell kijönnie) akkor előnyös lehet, ha meg tudjuk jeleníteni az adatainkat.
- Ha már egyszer az adataink a GPU-n vannak, akkor miért mozdítsuk meg őket?
- Keressük meg az adatainknak egy olyan reprezentációját, ami beszédes számunkra.