REPORTE

Nombre del investigador: Dr. Diego López Cámara Ramírez

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México

Dependencia: Instituto de Astronomía

1. Título. Simulaciones numéricas tridimensionales de fenómenos astrofísicos de altas energías. Proyecto número SC16-1-IG-42.

2. Resumen (1 o 2 párrafos).

A partir del tiempo otorgado en Miztli se pretendía realizar simulaciones tridimensionales de fenómenos de altas energías. En específico, se esperaba poder estudiar la evolución de chorros relativistas a través de la envolvente estelar de una estrella sumamente masiva y posteriormente a través del medio ambiente que lo rodea hasta distancias muy grandes donde se produce la fase pronta de un destello de rayo gamma largo. Además, se pretendía estudiar el papel que el momento angular tiene en dicha evolución. Esto sin embargo no fue posible.

El proyecto planteado no se pudo llevar a cabo debido a las limitaciones del tiempo de cómputo (horas-CPU) otorgado en el sistema de colas de Miztli. Aunque se había otorgado un millón de horas-CPU, debido a que el tiempo máximo que el sistema de colas podía otorgar era más de orden por debajo de lo que se requería para calcular la emisión fotosférica de un chorro relativista tridimensional y por ende ya no se hizo uso del tiempo otorgado en Miztli.

3. Breve descripción de avances (1 cuartilla).

El propósito del proyecto era estudiar fenómenos astrofísicos transitorios de alta energía mediante simulaciones tridimensionales a partir de las cuales se obtuvieran manifestaciones observacionales que se pudieran comparar con las observaciones. En particular se esperaba estudiar la evolución de flujos relativistas en el marco de destellos de rayos gamma (DRGs) largos y las explosiones de supernova (SN).

Los DRGs son, después del big bang, el fenómeno electromagnético más energético en el universo. El modelo más favorecido para explicar los DRGs largos involucra la eyección desde un hoyo negro de un chorro relativista que atraviesa la envolvente estelar de la estrella progenitor y luego a través del medio interestelar. Dado que la estrella progenitora rota sumamente rápido entonces los efectos debidos al momento angular deben ser tomado en cuenta en la eventual producción del DRG.

El estudio numérico de los eventos astrofísicos de alta energía, hasta hace pocos años se ha mantenido reducido a simulaciones hidrodinámicas unidimensionales (1D) y bidimensionales

(2D). Es importante señalar que en 1D como en 2D se pueden producir inestabilidades y choques artificiales, con lo cual, se puede modificar completamente el resultado que se obtendría en simulaciones hidrodinámicas tridimensionales (3D). Aunado a lo anterior, debido a que hay pocos grupos de investigación que están estudiando los procesos de altas energías mediante simulaciones hidrodinámicas en 3D (Aloy et al. en España, Nagataki et al. en Japón, Lazzati et al. y MacFadyen et al. ambos en EUA) y que el grupo de investigadores participantes de esta solicitud (el Dr. Fabio De Colle del Instituto de Ciencias Nucleares y el Dr. Enrique Moreno de la facultad de Ciencias de la UNAM) tiene amplia experiencia tanto en los eventos astrofísicos de alta energía como en simulaciones numéricas, se tenía una ventana de oportunidad que debía ser aprovechada.

Los proyectos que se pensaban desarrollar eran:

1. Simulaciones numéricas hidrodinámicas tridimensionales de la interacción de los chorros relativistas de los DRGs con la enorme envolventes estelar, el medio interestelar, y la emisión fotosférica emitida.

2. Simulaciones numéricas hidrodinámicas tridimensionales donde se estudiara el papel que el momento angular juega en la colimación y evolución del chorro de los DRGs así como en el progenitor y las consecuencias que hay en la emisión fotosférica emitida.

La emisión pronta del DRG se produce una vez que el chorro relativista ha salido de la envolvente estelar (con un radio del orden de 10^{10}cm) y que se ha expandido en el medio interestelar hasta distancias del orden 10^{13}cm donde el capullo que rodea al chorro se ha enfriado lo suficiente para que la profundidad óptica de los fotones dentro del capullo sea menor a 1 y con lo cual los fotones presentes en la cabeza del chorro-capullo lograsen escapar del mismo hacia el medio interestelar y por ende se emita la emisión pronta del DRG. Cabe señalar que la frontera interna era ~10^{9}cm, la frontera externa en al menos ~10^{13}cm y la resolución del orden de ~10^{6}cm. Lo anterior representa un reto computacional ya que hay al menos 7 ordenes de magnitud de diferencia entre el tamaño de la malla más fina y el dominio computacional tridimensional. Así, cada modelo tridimensional requería del orden de unos cuantos cientos de miles de horas-CPU (~varios 10^{5} horas-CPU).

En la solicitud le indiqué al CAS que para poder desarrollar los modelos tridimensionales iba a requerir utilizar aproximadamente 512 procesadores durante un periodo de una semana hasta posiblemente 10 días (~varios 10^{5} horas-CPU). La intención era correr alrededor de una decena de modelos tridimensionales con lo cual la cuota otorgada de 10^{6} horas-CPU quedaba cubierta. Así, el CAS me asignó 10^{6} horas-CPU y me informaron que se esperaba que estos recursos fueran utilizados a un ritmo mensual de 8.33×10^{4} horas-CPU. Con esto, el chorro tridimensional lograría llegar a distancias del orden de ~pocos 10^{12}cm con lo cual a duras penas se podría obtener la emisión fotosférica.

Por desgracia, una vez aprobada mi solicitud se me informó que Miztli no podía comprometerse con tal cantidad de horas-CPU por corrida y que tenía como límite corridas con ~10^{4} horas-CPU (128 procesadores por una semana). Lo anterior representaba mas de un orden de diferencia entre las horas-CPU por corrida y las horas-CPU necesarias para poder obtener la emisión de los modelos tridimensionales con lo cual el uso de la granja computacional Miztli quedaban fuera de cualquier posibilidad. Debido a lo anterior no se corrieron simulaciones, no hubo avances en

el proyecto, y no hubo producción académica relacionada con el proyecto aprobado con número SC16-1-IG-42.

4. Cálculos realizados (1 cuartilla).

No se realizaron cálculos numéricos.

5. Software utilizado.

En cuanto se aprobó el proyecto, se instaló correctamente el código numérico relativista HD Flash 2.5, así como las librerías necesarias para poder correr en paralelo usando MPI y poder escribir los archivos de salida en formato HDF5.

6. Recursos utilizados.

No se realizaron cálculos numéricos.

7. Lista de colaboradores.

1. Dr. Fabio De Colle (Investigador del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM).
2. Dr. Enrique Moreno (Profesor de la Facultad de Ciencias, UNAM).

8. Lista de artículos publicados.

No se publicaron artículos relacionados con el proyecto SC16-1-IG-42.

9. Lista de alumnos graduados.

No se graduaron alumnos relacionados con el proyecto SC16-1-IG-42.

10. Lista de congresos nacionales e internacionales y participantes.

No se presentaron trabajos en congresos nacionales o internacionales relacionados con el proyecto SC16-1-IG-42.