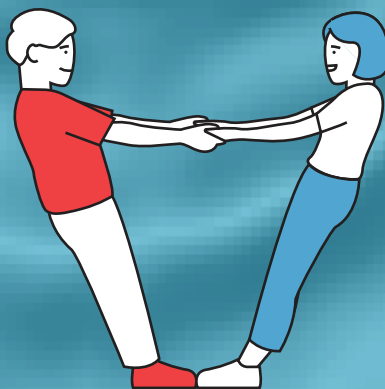


RECREO ESPACIAL

*Aprendizaje astronómico a través
de la experiencia del cuerpo y el movimiento*



VERSIÓN BETA - DOCUMENTO FINAL PRÓXIMAMENTE EN
<http://recreo.das.uchile.cl/>

RECREO, ESPACIAL

*Aprendizaje astronómico a través
de la experiencia del cuerpo y el movimiento*

UNA INICIATIVA EDUCACIONAL DE



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

FINANCIADA POR:



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
¿QUÉ ES APRENDIZAJE INCORPORADO?	8 - 9
¿QUÉ ES RECREO ESPACIAL?	10 - 11
ANATOMÍA DE UNA EXPERIENCIA RECREO ESPACIAL	12 - 13
ACT. 1 MOVIMIENTO	14 - 17
ACT. 2 GRAVEDAD	18 - 21
ACT. 3 LEYES DE CONSERVACIÓN	21 - 26
ACT. 4 FORMACIÓN DE ESTRELLAS	27 - 29
ACT. 5 FORMACIÓN DE PLANETAS	30 - 32
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS	34
AGRADECIMIENTOS	34
QUIÉNES SOMOS	35

INTRODUCCIÓN

Origen del proyecto y motivación

El proyecto Recreo Espacial nace como una iniciativa de Proyección al Medio Externo (PME) del Núcleo Milenio de Discos Protoplanetarios, grupo dedicado a investigar cómo se forman los planetas. **El objetivo del proyecto es potenciar la ya enriquecida acumulación de información científica, la cual es principalmente simbólica y visual, incorporando la experiencia humana corporal. Así se conforma Recreo Espacial, una investigación en curso sobre la traducción entre experiencias somáticas y fenómeno científico.**

El grupo de actividades y material complementario (animaciones disponibles en la web del proyecto), buscan ser un apoyo para el aprendizaje de la ciencia en el salón de clases. Estas actividades ayudarán a reconocer el conocimiento astronómico en experiencias cercanas, humanas, mostrando que las leyes que operan aquí en la Tierra son las mismas presentes en el resto del Universo.

Este documento entrega la información necesaria para realizar las experiencias de aprendizaje incorporado sobre los conceptos de movimiento de la Luna, la fuerza de gravedad, y la conservación de energía. Adquirir una intuición sobre estos conceptos permite luego abordar la pregunta astronómica de los orígenes de las estrellas y planetas.

Invitamos a los jóvenes a ser parte del proceso vivo que es la ciencia y reconocerse como investigadores, y a los profesores y educadores los invitamos a integrar lo teórico con lo vivencial, en un proceso de aprendizaje.

Agradecemos a la Iniciativa Científica Milenio, al grupo de Educación de la Astronomía de Conicyt y a la Universidad de Chile por potenciar este proyecto.

¿QUÉ ES EL APRENDIZAJE INCORPORADO?

El primer paso para entender qué es el aprendizaje incorporado, o “embodied learning” en inglés, es preguntarnos: ¿cómo llegamos a un punto en el cual se debe justificar el uso del cuerpo en el aprendizaje? Dicho en otras palabras: ¿Dónde, sino es al interior de nuestros propios cuerpos, es que el aprendizaje podría suceder?

El aprendizaje que vive fuera del cuerpo no es más que un efecto secundario de siglos de desarrollo de estructuras formales abstractas. Sean símbolos matemáticos, gráficos, fórmulas, ecuaciones, o incluso el lenguaje escrito –hemos acumulado una colección increíblemente rica de información simbólica, en su mayoría visual, y en particular útil para el razonamiento objetivo, abstracto y universal. Si bien parece convincente y poderoso, es fácil olvidar que cada uno de esos símbolos viene acompañado de una historia intrínseca de profunda experiencia humana: alguien, en algún lugar, en algún momento, vivió, tuvo una intuición, luchó, analizó algo que le hizo sentido, incluso si carecía aún de precisión. Es a través de ese esfuerzo y proceso (muchas veces colecti-

vo) del cual surgió una descripción precisa– es la reconexión con aquellos procesos de lo que trata el Aprendizaje Incorporado.

¿Cómo podríamos reconectarnos con aquel proceso o revivirlo quizás de forma personal?

Trazar su desarrollo histórico suele no ser suficiente. Por esta razón, el Aprendizaje Incorporado aborda no solo el cuerpo, pero el soma, o el cuerpo como es percibido desde el interior de la experiencia en primera persona. “Aprendizaje somático comienza con enfocar en concientizar en lo desconocido” y continua con la propiocepción, o la capacidad de sentirse a uno mismo en movimiento (Thomas Hanna). Estar consciente de sí mismo, en el espacio y en el tiempo, es un elemento central en las actividades de Embodied Learning, previniendo desde el comienzo una disociación entre el aprendiz, el proceso de aprendizaje, y el material aprendido. *El Aprendizaje Incorporado (Embodied Learning) no pretende ser algo radicalmente nuevo e interdisciplinario; se vuelve interdisciplinario al ser fiel al método.*

El Aprendizaje Incorporado (Embodied Learning) no es entonces solo para estudiantes de kinestésica. Es un espacio para integrar la información propioceptiva, sensorial y cognitiva, una herramienta para profundizar la comprensión hacia muchas maneras de ser precisos en el conocimiento. *Puede ser pensado como, además, una base para integrar información multi-modal sobre el mismo tema.*

Un elemento integral dentro de los ejercicios propioceptivos es la improvisación. El Aprendizaje Incorporado no busca que los estudiantes “actúen” una coreografía preconcebida sobre un fenómeno determinado. En vez, ellos solo reciben indicaciones que ayudan a delinear la experiencia y así guiarlos hacia un descubrimiento personal. A menudo estas delineaciones enfocan la atención en algún aspecto no familiar, incómodo, o extraño de la combinación propuesta. Es importante notar que mientras que la improvisación toma a cada estudiante a través de una experiencia individual diferente, no es el caso que la improvisación de por sí puede llevar a algo

(la improvisación puede ser muchas cosas, pero no cualquier cosa). Embodied learning no pone mucho énfasis en la precisión de lo aprendido, solo apunta a integrarlo somáticamente.

Es difícil el alcanzar la comprensión de un proceso sin involucrarse a uno mismo de forma profunda. Embodied learning evidencia y se basa –histórica, matemática y somáticamente– en este simple y honesto hecho. Descolonizando el sistema nervioso central, deslocalizando el aprendizaje, y liberando al cuerpo somático propioceptivo, un estudiante puede aprender, recordar, y quedarse con la curiosidad, sin la necesidad dogmática de “memorizar”.

¿QUÉ ES RECREO ESPACIAL?

Aprendizaje de la astronomía a través del cuerpo

Recreo Espacial se basa en los principios del aprendizaje incorporado y lo aplica a las ciencias. En este primer recreo, abordamos y experimentamos con temas relacionados con la física y la astronomía.

La inspiración para aplicar el Embodied Learning al mundo de la ciencia tiene que ver con reconocer como la experiencia corporal, instintiva, ha sido clave para grandes descubrimientos científicos. Cómo olvidar la manzana cayendo sobre la cabeza de Newton, o a Maxwell rodando sobre distintos materiales para entender la electrostática, o a los muchas reflexiones de Einstein sobre la importancia del juego y la creatividad en el aprendizaje. En estos ejemplos podemos observar como la conciencia somática de los científicos fue clave para poder integrar los conceptos teóricos en la experiencia y así entender leyes naturales que han sido trascendentales en el desarrollo de la ciencia.

Mediante el Embodied Learning, cada participante de Recreo Espacial se convertirá en un “investigador”, que utilizando su cuerpo y sensaciones como soporte, podrá

plantear y responder preguntas científicas, aportando con sus experiencias en un trabajo colectivo y didáctico. Cada una de las actividades de Recreo Espacial están enfocadas en educar no sólo desde el intelecto, sino potenciando un espacio creativo y exploratorio a través del cuerpo y el movimiento. Cada una de estas actividades se pueden dividir en tres etapas fundamentales: recordar, explorar y dialogar.

Recordar: El profesor introducirá el tema a desarrollar principalmente a través de contextualizar conceptos familiares y cercanos para los alumnos. Luego, propondrá una experiencia somática, guiada, para que cada estudiante pueda irse compenetrando con el tema a desarrollar de forma lúdica, recordando desde el cuerpo.

Explorar: El profesor invitará a los estudiantes individual o grupalmente, según sea la actividad, a jugar e improvisar de acuerdo a los principios fundamentales propuestos en el primer paso, incentivando a la exploración intuitiva a través del movimiento, desde sus múltiples posibilidades.

Se debe tener en cuenta que cuando trabajamos con la improvisación, y a pesar de que durante todo el proceso existe una guía por parte del profesor, no siempre los resultados se ajustan a lo esperado.

Es importante tomar a la improvisación no como un problema, sino como una oportunidad para plantear nuevas preguntas y posibilidades a desarrollar con los estudiantes.

Dialogar: El profesor guiará una conversación grupal en la cual se compartan las diversas reflexiones obtenidas por los estudiantes, para luego proponer posibles conclusiones sobre lo observado durante la experiencia. En esta etapa se puede utilizar el material audiovisual de Recreo Espacial (disponibles a través de la página oficial y en los canales de redes sociales) como apoyo, el cual consiste en un video animado por cada experiencia, el cual permite que los conocimientos de astrónomos del equipo entren directamente a la sala de clases. Es importante mencionar que este video es una representación audiovisual de los fenómenos que Recreo Espacial busca sensibilizar a través del cuerpo y el movimiento de los estudiantes. Así, su uso no es fundamental para el desarrollo de la experiencia.

RECREO ESPACIAL busca despertar en cada estudiante un interés y amor por la ciencia. Independiente si ellas o ellos toman o no un camino científico, lo importante es que puedan reconocer la pregunta, el asombro y la búsqueda como proceso natural de la conciencia humana, asumiendo el proceso científico como parte de la vida misma más allá de la sala de clases.

ANATOMÍA DE UNA EXPERIENCIA RECREO ESPACIAL

Tomemos, por ejemplo, el fenómeno de la formación de los planetas. El método de aprendizaje Recreo Espacial se puede descomponer en tres etapas:

ETAPA 1

Los principios básicos de este proyecto son los conceptos fundamentales de la física y la astronomía: la energía, el momentum angular, la conservación de estos, y la gravedad. El primer paso en esta actividad es proponer una experiencia somática para cada uno de estos principios, como guía para los ejercicios de improvisación, para que luego cada alumno vaya “descubriendo” mediante el movimiento la formación planetaria. De acuerdo con el método de aprendizaje incorporado descrito anteriormente, es crucial para la improvisación que estos lineamientos sean diseñados con cuidado y atención.

No hay límite para el tipo de ejercicios que uno puede diseñar para que un participante tenga una experiencia profunda de estos principios fundamentales antes de seguir adelante. Pueden ser propioceptivos, espaciotemporales, externos, aunque mejor sin dependencia de los accesorios externos. Por ejemplo, estos ejercicios pueden ser tal que restrinjan momentáneamente el movimiento de partes del cuerpo del participante, y así despertar su conciencia sobre su importancia o sobre cómo esta falta de movilidad puede afectar otras partes del cuerpo, incluso quizás interna. Se

podrá corroborar si la actividad inicial fue satisfactoria si se observa, por ejemplo, que los estudiantes no se miraron entre ellos para buscar ejemplos, en cambio, hicieron cosas ligeramente diferentes, pero que se pueden describir de manera similar.

ETAPA 2

A medida que se adquiera una intuición sobre estos conceptos, se puede empezar a jugar con ellos; combinándolos, mezclándolos. Es decir, se puede intentar formar un planeta de la misma manera como los astrónomos piensan que puede formarse, pero sin comunicar a los participantes el “objetivo” preconcebido de lograr la formación del planeta. Es importante tener en cuenta que esta etapa se convierta en una actividad de grupo cohesivo, en vez de una actividad individual o de grupos pequeños.

ETAPA 3

La continuación sugerida para las actividades de Recreo Espacial es seguir la actividad grupal con una reflexión individual: preguntas, más improvisación individual, asignación de escritura corta, etc. Esto, si bien se puede realizar inmediatamente después de la Etapa 2, se recomienda repetir en el futuro (luego de unos días o una semana) para permitir que la experiencia decante. Incluso después de meses de realizada la experiencia, los participantes pueden tener realizaciones, conexiones y preguntas que requieran atención.

OBSERVACIONES SOBRE EL MÉTODO

Cuando es pertinente, la matemática aparece involucrada tanto en el desarrollo como en el material de los ejercicios. Además de la motivación de presentar la práctica científica con honestidad, también encontramos que la omisión de las matemáticas tiene la peligrosa capacidad de hacer la experiencia de aprendizaje incorporado engañosa. Por ejemplo, un estudiante podría tener una profunda experiencia de gravedad en Recreo Espacial y luego encontrarse con la siguiente ecuación en la clase, y no entender que tiene que ver uno con el otro.

$$F_{\text{grav}} = \frac{GMm}{d^2}$$

Si bien Recreo Espacial no puede mencionar toda relevancia matemática, se puede implantar la idea de la resonancia del cuerpo-matemáticas a través de ejemplos seleccionados. En su propio tiempo, los participantes pueden improvisar más dentro de esta comprensión. Recreo Espacial simplemente abre la posibilidad y da algunas herramientas iniciales. La idea es animar a los estudiantes a percibir las fórmulas matemáticas como rastros históricos dejados luego de una rica experiencia humana que los concibió ... y revivirlos como sea posible.

Aunque no hay posibilidad de hacer un viaje dentro del cuerpo de Einstein para revivir su lucha con la relatividad general, o dentro del cuerpo de Maxwell para revivir su pasión con la electrodinámica, podemos presentar una oportunidad donde un alumno pasa por su propio aprendizaje incorporado de estos fenómenos. Dentro de Recreo Espacial, pueden experimentar el proceso del descubrimiento, sentir la relevancia innegable del problema, y entregarse a la fuerza potente de la creatividad en el juego con lineamientos precisos. El efecto, por supuesto, y la retención, se amplifica exponencialmente si todo el cuerpo, no sólo una parte aislada del cuerpo (el cerebro), llega a participar en el recreo.

En este documento las actividades tienen dos tipos de texto. Las indicaciones para el/la educador/a en texto normal y el guión para decir en voz alta son itálicas y llevan una caja de fondo. Por ejemplo:

Cuando la Luna no está llena vemos un pedazo de esa imagen, pero sigue siendo la misma imagen de fondo.

Hagamos grupos de 3. Una persona va a ser la Tierra, otra la Luna, y por ahora, la tercera persona estará observando.

Actividad 1

MOVIMIENTO



Animación complementaria
<https://youtu.be/jkW9rQK4cFQ>

Parte A: Movimiento de la Luna

Demos inicio a la experiencia conversando con los participantes sobre el Sistema Solar. La idea es escuchar sus opiniones y conocimientos.

Guiar la conversación hacia la Tierra y su movimiento de rotación y traslación alrededor del Sol: la Tierra orbita al Sol y mientras lo hace, ésta gira sobre su propio eje. Luego, centramos la conversación en la Luna, nuestro satélite natural, y preguntamos si alguien sabe de donde viene.

Preguntar si alguien se ha fijado que la Luna nos da siempre la misma cara.

SUGERENCIA

Días antes de realizar la actividad, invitar a los participantes a fijarse en la Luna y ayudarlos a concluir por sí mismo que la Luna en efecto solo nos muestra una sola cara.

En la actividad que sigue, primero establecemos que de hecho la Luna siempre nos muestra la misma parte de su superficie. Después, nos hacemos la pregunta: si la Luna siempre nos da la misma cara, ¿la Luna rota sobre su propio eje? Este será el punto de partida para una actividad que nos guíe a adquirir una intuición sobre el movimiento de nuestro satélite natural. La respuesta a esta simple pregunta (de si la Luna rota o no) nos podrá decir mucho sobre el origen de la Luna.

Empezamos con la Luna.

Cerremos los ojos, imaginemos la última vez que vimos la Luna llena. Observemos bien la imagen, fijémonos en la cara que nos muestra. Ahora giramos la cabeza hacia la izquierda, los ojos todavía bien cerrados, dejamos que el cuerpo le siga... Allí, imaginemos de nuevo la Luna, pero en otra oportunidad, quizás varios semanas o meses atrás.

¿Son ambas imágenes iguales? Entonces, ¿La Luna siempre nos muestra la misma cara (o la misma parte de su superficie)? Sin abrir los ojos, responde con la cabeza sí o no, según lo que piensas.

Antes de seguir, si la mayoría de los participantes piensan que la Luna es capaz de mostrarnos distintas caras, hay que clarificar que de hecho ¡siempre vemos un solo lado de la Luna! Cuando la Luna no está llena vemos un pedazo de esa imagen, pero sigue siendo la misma imagen de fondo.

Hagamos grupos de 3. Una persona va a ser la Tierra, otra la Luna, y por ahora, la tercera persona estará observando. Según lo que piensen en su grupo, ¿pueden mostrar cómo se mueve la Luna alrededor de la Tierra? ¿Hay solo una manera de moverse mostrando siempre el mismo lado de tu cuerpo a la Tierra?

Deja que los participantes encuentren su propia manera de moverse. Siempre con la Luna mostrando la misma parte del cuerpo a la Tierra. Si no tienen ideas, se puede sugerir que la persona que es la Luna se mueva en un círculo alrededor de la Tierra, siempre mirándola con su cara. Otra sugerencia es que la Luna se mueva en un círculo alrededor de la Tierra, mirando hacia afuera –es decir, siempre mostrando su espalda a la Tierra. Para esta actividad no importa si la Tierra está girando o no.

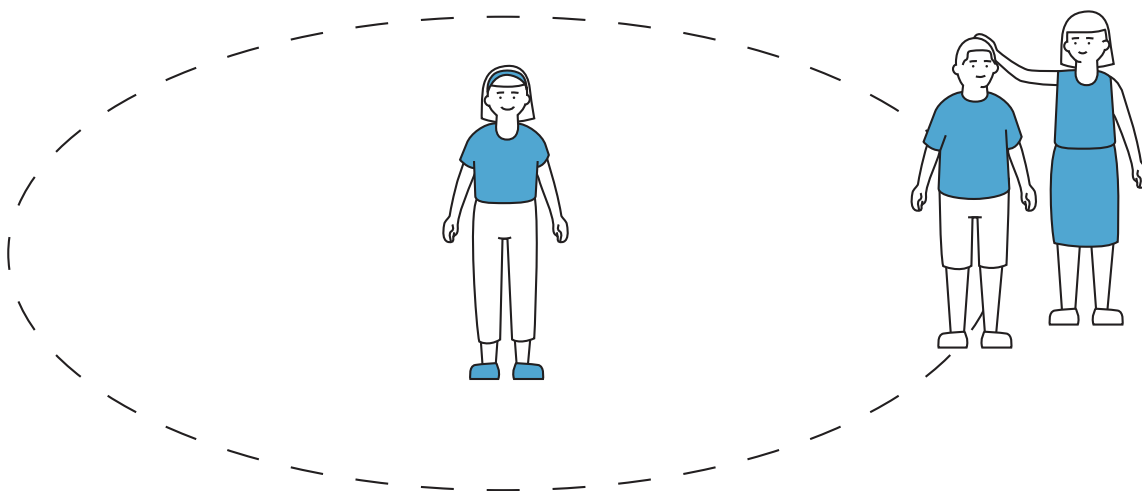
*Añadimos ahora la 3era persona, que va a ser el Eje. Esta persona se acerca a la Luna, y con un dedo hace de Eje, poniéndolo en la cabeza de la Luna. Elige una dirección (quizás un punto en la pared, o algo más en el aula que no se mueva), y sigue a la Luna mientras se mueve. Ahora nos detenemos y cerramos los ojos: gira o no gira la Luna sobre su propio eje?
Con los ojos aún cerrados responde con la cabeza sí o no, según lo que piensas.*

Si muchas personas piensan que la Luna NO GIRA, se sugiere de cambiar roles y probar la actividad de nuevo. Preguntamos nuevamente.

Ahora, ¿gira la Luna o no gira/rota sobre su propio eje? Cerramos los ojos, y muestra con la cabeza sí o no según lo que piensas. ¿Quedó claro?

Escuchar ideas, preguntas, o dudas que tienen los participantes. Es muy aclaratorio el realizar la actividad una vez más, pero cambiando el eje de referencia:

*Lo podemos también probar del revés –cambiando el punto de referencia: pondremos a la Luna al centro y haremos que el participante Tierra la orbite. **Recuerda que en el Universo no hay ni centro, ni arriba, ni abajo.** Todo depende de un sistema de referencia. Así, si en algún momento de la historia alguien pensó que la Tierra giraba alrededor de la Luna, aunque no corresponde a la realidad física que nosotros conocemos ahora –sin embargo, deberían haber sido capaces de deducir que la Luna rota en su propio eje.*



Sin cambiar roles, probamos esta configuración. Es decir, la Luna va a quedar en el centro, y la Tierra va a orbitar alrededor de la Luna. Mientras tanto, la Luna siempre tiene que mostrar el mismo lado (que puede ser la cara o cualquier otra parte del cuerpo) a la Tierra. El Eje se queda alrededor de la Luna, sin moverse, con su dedo sobre la cabeza de la Luna.

Cambiar roles de nuevo si es necesario.

Volvemos a preguntar:

¿Queda más claro? ¿La Luna gira en su propio Eje o no gira? Cerramos los ojos, y muestra con la cabeza sí o no según lo que piensas.

La única manera que la Luna muestre siempre la misma cara a la Tierra involucra una lenta rotación en su propio eje. Ahora, ¿cuántas vueltas sobre su propio eje da la Luna por cada órbita?

Repetir la actividad si es necesario. Tiene que quedar claro que la Luna **da exactamente una vuelta sobre su propio eje cada vez que cumple una órbita**. Si es posible, ver animación complementaria.

En preparación a la próxima actividad, hacer las siguientes preguntas para pensar en casa: *¿cómo es que la Luna se mantiene siempre en torno a la Tierra? ¿es la Tierra la que “agarra” a la Luna? ¿cómo lo hace?*

Parte B: Movimiento universal

Todo en el Universo se mueve. Nosotros, la Tierra, la Luna, los planetas, incluso nuestro sistema solar viaja por la Galaxia. Ahora, vamos a pensar en ese movimiento, pero antes, tratemos de hacer lo contrario -- haremos el desafío de NO movernos. Tomen cualquier posición (puede ser acostados en el suelo). Queremos estar completamente quietos, que no se muevan ninguna parte del cuerpo, ni las pestañas. Cerremos bien los ojos. Quedémonos así un ratito, sin movernos.

Dejar pasar al menos 30 segundos, hasta unos 2 minutos.

¿Fue posible? ¿Lograron no moverse?

Escuchar ideas, preguntas, o dudas que tienen los participantes.

¿Por qué no? ¿Si no se nota de afuera, quiere decir que algo no está moviendo?

*De hecho, es verdad, **todo se mueve.***

La velocidad con la que la Tierra gira es de ¡1 kilómetro por segundo en su superficie! Además orbitamos en torno al Sol a 30 kilómetros por segundo. Y junto al Sol giramos en torno al centro de la Galaxia a 220 kilómetros por segundo.

Para pensar en casa: ¿por qué nosotros no sentimos esta velocidad?

Actividad 2

GRAVEDAD



Animación complementaria
<https://youtu.be/wNvqElVpCd0>

Parte A: Interacción implacable

Empezamos esta actividad sobre la Gravedad con un ejercicio de relajación. Si los participantes tienen demasiada energía, se están riendo, o les cuesta permanecer quietos, se sugiere empezar con Parte A2 de esta actividad, o otra dinámica que se le ocurra al profesor o profesora que pueda calmar los cuerpos de los participantes antes de seguir, y luego comenzar con Parte A.

Empezamos de pie, con los pies separados un poco, paralelos a los hombros. Cerramos los ojos, y los mantenemos así, cerrados.

Es importante hablar lentamente, con espacio entre cada frase, para dejar a los y las participantes explorar y sentir cada instrucción. En lo que sigue, darle algunos segundos para probar, seguir y sentir, antes de pasar a la siguiente directriz.

Con el cuerpo derecho (sin flexión) y sin mover los pies, inclinamos el cuerpo hacia delante, lo más lejos posible, sin caernos. Y lo regresamos al centro. Sin mover los pies. Después lo mismo hacia atrás, al centro. Un poco a la derecha, lo más posible sin caer, sin dar un paso. Al centro y la izquierda.

Regresamos al centro de nuevo, y ahora movemos el peso del cuerpo en círculo, todavía con los pies en el centro y el cuerpo derecho. Como un vórtice, o un embudo. Aumentamos el tamaño del círculo. ¡Sin caer!

Ahora hacemos lo mismo, en la dirección opuesta.

Siempre con los ojos cerrados. Y regresamos al centro. Nos quedamos un rato aquí para re-sentir como nuestra estructura de esqueleto nos permite mantenernos

erguidos con facilidad, sin caer. Ahora bajamos la barbilla, dejando la cabeza caer con todo su peso.

Continuamos dejando bajar la cabeza, y a ella le siguen los brazos con todo su peso. Relajar los hombros, dejarlos bajar con todo su peso. Y así, todos los músculos, los huesos, el cuello, la piel del rostro... Dejamos flexionar las rodillas, bajamos el cuerpo pesado hacia el piso. Si los brazos llegan al suelo, los mantenemos relajados, bajando más los codos... Lentamente ponemos peso en las manos y bajamos totalmente al suelo, acostado sobre la espalda. En este momento de ceder a la Tierra, nos encontramos con esa cosa, la Gravedad. Manteniendo su cuerpo relajado, siempre con los ojos cerrados, quién puede decir ¿dónde se encuentra la gravedad?

Esperar hasta que alguien hable, repetir las respuestas para que tod@s las oigan.

¿Y? ¿qué es?

Se pueden insertar otras preguntas a discreción de el o la educadora.

Nos quedamos aquí un rato más, sintiendo la conexión gravitacional que nos une a la Tierra, y de este modo cedemos a la gravedad.

Ahora, lentamente cambiamos nuestra posición, rotamos el cuerpo a la izquierda, y nos quedamos sobre nuestro costado izquierdo, como si nos fuéramos a acostar.

Desde esa posición vamos a tratar de levantarnos del suelo, ¡pero! No pueden levantarse como lo harían siempre. Esta vez solo pueden hacer presión contra el piso,

es decir, “empujar” el piso. Pueden empujar con la cabeza, con los hombros, con las manos, con partes diferentes de los brazos y las piernas. Pero la única manera en la cual se pueden mover, es empujando el suelo.

Tienen 5 minutos para hacer esto. No se apuren. Traten de tomarse todo este tiempo de 5 minutos para levantarse de esta manera, empujando.

... empezando... ¡ahora!

Si alguien se levanta demasiado rápido, se puede invitar a este participante a ponerse en el suelo de nuevo, y probar de nuevo, esta vez más lentamente.

Cuando terminen los 5 minutos, sin importa sin tod@s están de pie, proseguimos:

¡Terminaron los 5 minutos! ¿Se sintió como 5 minutos? ¿más ó menos? ¿Qué más sintieron durante esos 5 minutos? ¿Qué tiene que ver esta actividad con la gravedad?

Escuchar respuestas, repetirlas, y seguir. Dejar las explicaciones para el fin de esta parte.

Parte A2: Opcional

Ahora, elije a 2 personas, asignándoles un número, #1 y #2. Recuerden su selección, ¡sin cambiar más tarde! Ya que estamos de pie, imaginamos que nuestros pies son como fideos. Cocidos, flexibles, blandos. Con estas piernas-fideos, ¡sin caer al suelo!, vamos a movernos huyendo de la persona #1, y siguiendo a la persona #2.

Si no está claro a qué nos referimos con piernas-tallarines, se puede pedir a l@s participantes de probar y caer al piso en su lugar antes de empezar la actividad. Cuando empiezan a huir/seguir, se puede recordarles que tienen fideos en vez de piernas –¡es difícil correr con tallarines!

Deja que la energía aumenta; ayúdales con ¡están escapando sus #1, no les dejen escapar! ¡pero no se olvide que tienen piernas-fideos! o algo parecido.

Ahora, los fideos son tan blandos que cuando digo 3, van a ceder a la gravedad como antes y no podrán sostener más el cuerpo. 1, ... 2, ... 3!

Todos cayeron al suelo. Seguir conversando con participantes mientras que están en el piso.

¿Qué pasó? ¿Porqué cayeron todos? ¿Es posible escapar la gravedad?

Escuchar las respuestas, y seguir con explicación:

La gravedad es implacable. Es omnipresente. No se puede decir a la Tierra, oye, dame un par de días, voy a saltar a Marte, regreso la próxima semana, no pasa nada. La gravedad no se agota.

¿Pero qué se puede hacer con la gravedad? Puedes tener una interacción con la gravedad. Aunque no la puedes escapar, la puedes contrarrestar. La gravedad no es solo una característica de la Tierra, o algo que la Tierra hace; es una conexión entre el cuerpo de la Tierra y el tu cuerpo.

Conversar sobre los comentarios que dieron l@s participantes al comienzo sobre ¿qué es la gravedad?, aclarando y reforzando ideas. Si alguien dijo que la gravedad se encuentra debajo de nosotros, asegúrese de aclarar que no está solo debajo, sino que está en todas partes.

Parte B - Espacio-tiempo

Antes de empezar: Por cada grupo de 7 personas, se necesitará 1 silla. Siempre realizar esta actividad con cuidado y en una superficie blanda (pasto o colchonetas). Pida a los participantes formar grupos de 7. Por cada grupo se pide un voluntario (este será el cuerpo representante que caerá al espacio-tiempo más tarde).

Entre las 6 personas restantes, hacemos dos hileras de a 3, una frente a la otra. Se toman de las manos con el o la participante de enfrente, con los brazos extendidos, tomándose las manos. Mantengan los brazos firmes y estirados. Ustedes serán lo que se llama: EL ESPACIO-TIEMPO.

Es importante que tod@s se mantengan bien juntos (hombro con hombro) y que ¡no suelten los brazos por ningún motivo!

Explicar: El compañero/a libre va a ponerse en una silla frente a las hileras de espacio-tiempo, levantará sus manos, y con el cuerpo recto se dejará caer (también puede saltar) desde la silla sobre el entramado de brazos.

Cuándo esten listos, el “cuerpo” puede caer sobre el espacio-tiempo.

¿Qué sucedió? ¿Qué sintieron las/los compañeros que representaban el espacio?

Escuchar las respuestas, probar con otros cuerpos (voluntarios), cambiar posiciones de personas en el espacio-tiempo. Observar que, para cuerpos de mayor masa, el espacio-tiempo (entramado de brazos) se dobla más, se curva.

En caso de que el peso del cuerpo que cae al espacio-tiempo es mucho y este rompe el entramado de brazos, se puede interpretar esto como un cuerpo tan pesado que rompe el espacio. Esto es lo que los astrónomos denominan, un agujero negro.

Así vemos que la gravedad –más que una fuerza–es la capacidad que tienen los cuerpos de curvar el espacio-tiempo. Mientras más masa tiene un cuerpo, ¡más curvará el espacio a su alrededor! De hecho, la Tierra, con toda su masa, está curvando al espacio a su alrededor, donde habitamos nosotros, y donde habita la Luna.

Ver la animación complementaria. Terminar con preguntas para pensar en casa: *¿Pero, por qué la Luna, si bien se siente atraída a la tierra, no cae directamente sobre nosotros? ¿O nosotros y los otros planetas no nos caemos al sol? ¿Por qué nos mantenemos en “órbita” si la Gravedad nunca se agota?*



Actividad 3

LEYES DE CONSERVACIÓN



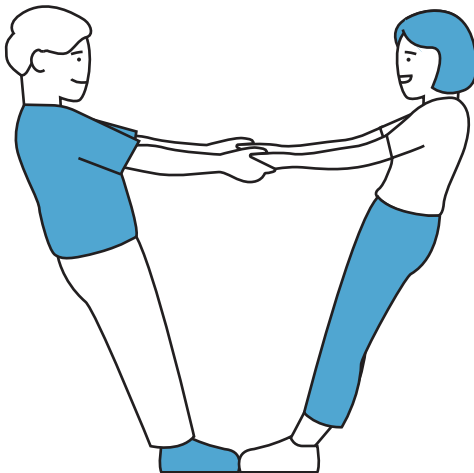
Animación complementaria
<https://youtu.be/gFEv9Sibr14>

Parte A: Conservación de Momentum Angular

De la actividad anterior, aprendimos que todas las cosas con masa, incluyendo tu cuerpo, los planetas, las estrellas y galaxias curvan el espacio que habitan, y que la fuerza de atracción llamada gravedad es una consecuencia directa de esa deformación.

La gran masa de la Tierra deforma al espacio y atrae a la Luna. Pero, ¿por qué la Luna no cae directamente sobre nosotros? ¿O la Tierra al Sol? La respuesta está en las leyes de conservación de la naturaleza.

Se recomienda NO mostrar al principio lo que va a pasar, y dejar los participantes de descubrir por si mismo.



Formen parejas, parándose uno frente al otro a una distancia aproximada de 30 cm. Luego tómense de las manos y estiren los brazos echando el cuerpo hacia atrás, sin mover los pies.

Comiencen a girar lentamente. Vayan aumentando la velocidad de a poco, sin soltarse de las manos y sin perder el control.

Observar que los participantes estén dando vueltas coordinadamente. Es decir, que su peso se distribuya parejamente y el eje de rotación esté en el centro de los dos.

Aumentemos la velocidad, hasta sentir que parar sería difícil. No tiene que ser super rápido, pero sin parar y sin disminuir la velocidad.

Ayuda a todos de llegar a una velocidad con suficiente inercia. Pero sin tomar demasiado tiempo, para que no se mareen.

Cuando diga ¡AHORA! Uds van a doblar los codos, acercando el cuerpo al centro. ¡No todavía! ¿Listos? 1, 2, ¡AHORA! Juntarse.

Van a ver que todos van a girar más rápidamente. Invitar intentarlo de nuevo, y ayudar a quienes no funcionó.

*¿Qué sucedió? ¿Qué pasó con la velocidad de giro?
¿Aumentó o disminuyó? ¿Por qué?*

Escuchar ideas, empezar una discusión de momentum angular pero sin “explicar”.

Repitamos el ejercicio. Como antes, cuando diga “AHORA”, doblarán los codos, acercando sus cuerpos hacia el centro. Tratan de mantener el giro a menos distancia, sin dejar los manos de su compañero! De allí, voy a decir ¡AHORA! de nuevo, y Uds van a estirar los brazos separando los cuerpos –regresar a la posición donde empezamos. ¿Listos? Como antes, tómense de las manos y estiren los brazos echando el cuerpo hacia atrás, sin mover los pies. Comiencen a girar lentamente para luego ir agarrando mayor velocidad. 1, 2, ¡AHORA! Doblar los codos. Mantengan el movimiento, ¡no suelten las manos de su compañero! ¡AHORA! ¡Estirar los brazos!

Asegurarnos que tod@s perciban que a menos distancia se gira más rápidamente, y a mayor distancia se rota más lentamente, regresando a la misma velocidad con que se comenzó. ¿Qué sucedió ahora? ¿Cómo resumirían esta experiencia?

Escuchar ideas y reflexiones, continuar una discusión de momentum angular.

Ahora podemos repetir esta experiencia en grupos de a 3. Formemos triángulos tomándose las manos de forma cruzada con ambos compañeros (es decir, mi mano derecha se toma con la mano izquierda de mi compañero de la izquierda y mi mano izquierda con la mano derecha de mi compañero de la derecha). Estiren ahora los brazos sin soltarse de las manos y sin

mover los pies, echando los cuerpos hacia atrás.

Comiencen a girar lentamente para luego ir agarrando mayor velocidad en la medida que se van coordinando en el giro. Cuando el giro es lo suficientemente estable y rápido doblen los codos acercando los cuerpos hacia el centro.

¿Qué es lo que sucede? ¿Cómo se siente esta experiencia con respecto al ejercicio anterior?

Con 3 personas la diferencia en giro ya no se nota tanto. Con mayor masa en juego, los cambios de distancia no tienen tanto impacto.

¡Ahora llevamos esta experiencia a la matemática! Los símbolos matemáticos no son ni más ni menos correctos de lo que hemos aprendido con los cuerpos; solo es otra manera de expresar la misma cosa, lo cual es siempre útil. Tenemos esta ecuación, que nos sirve como resumen de lo que hemos sentido:

$$a) l = mv * r$$

(escribir en la pizarra)

Esto nos ayuda a entender lo que experimentamos recién, la conservación del momentum angular. Explicar que significa cada letra (l es momentum angular, m es la masa total, v es la velocidad y r, la separación entre los cuerpos y el punto de giro).

La naturaleza parece funcionar así: el momentum angular que tenemos al principio, con brazos extendidos, tiene que conservarse (no se puede perder). Esta cantidad está dada por la masa de nuestros cuerpos, la distancia con manos estiradas, y la velocidad que establecemos al principio - ese momentum angular inicial no se pierde cuando hacemos el cambio y doblamos los codos.

Es decir:

$$b) m \cdot v_1 \cdot r_1 = m \cdot v_2 \cdot r_2$$

(escribir en la pizarra)

Si miramos la ecuación (b) y la aplicamos al ejercicio que realizamos, podemos concluir que si:

- la masa no cambia y
- el radio 1 (r_1) es mayor que r_2 (brazos estirados versus brazos doblados), entonces
- para mantener el mismo momentum angular, la v_2 debe ser mayor que v_1 , es decir ¡la velocidad debe aumentar naturalmente!

$$m \cdot v_1(\downarrow) \cdot r_1(\uparrow) = m \cdot v_2(\uparrow) \cdot r_2(\downarrow)$$

(escribir en la pizarra)

Lo mismo le pasa a la Luna. Al formarse, tenía una cantidad de energía y momentum angular inicial que no se puede perder. Así, si la Luna se fuese a acercarse a la Tierra, aumentaría su velocidad y la fuerza centrífuga la empujaría hacia afuera, de vuelta a su órbita.

Puedes experimentar con el momentum angular tu mismo. Ponte a girar lo más rápido que puedas con los brazos abiertos. Luego dobla los brazos de manera que queden pegados al cuerpo. ¿Que sucedió?

Parte B: Conservación y Cambio de Energía

Partiremos viendo como la energía potencial se puede transformar en energía cinética. De allí, veremos otras formas de energía que existen, y que también se pueden cambiar de una a la otra. La idea es escuchar y explorar las ideas de los alumnos: ¿cuáles son las otras formas de energía? ¿cómo se las puede sentir en el cuerpo? ¿cómo se puede cambiar de una al otra?

Ahora haremos una actividad sobre energía cinética y potencial. Imaginemos una línea de partida, ubíquense detrás de esa línea uno al lado del otro. A la cuenta de 3, vamos a correr lo más rápido posible.

El o la profesora ayuda a los alumnos a hacer una línea de partida imaginaria y prepararse para correr. Se recomienda contar lentamente de manera de alargar la tensión de la partida, para que cada niño pueda sentirla en el cuerpo. Por ejemplo:

1 (pausa) 2 (pausa) 2.5 (pausa) 2.75 (pausa) ... y (pausa) ... y (pausa) ... ¡3!

Repetir una vez más.

¿Cómo se sintieron? ¿Cómo era la sensación antes de correr y cómo esta cambiaba una vez que estaban corriendo? ¿Qué es lo que cambió?

(Respuesta deseada: cambió la energía desde energía potencial a energía cinética)

¿Creen que sea posible hacerlo al revés? ¿Desde energía cinética a energía potencial?

Ayuda a los participantes a pensar y proponer algunas ideas. Después de una discusión, experimentar con

sus sugerencias. Vale la pena probar cosas que ya el profesor sabe que van a funcionar, así como cosas que parecen raras pero animan a los participantes.

Un ejemplo: hacer una flexión en el piso, al levantar el cuerpo uno usa E cinética para terminar con esa energía convertida en energía potencial (cuerpo levantado sobre el piso). Lo mismo al levantar el cuerpo en una barra de ejercicios.

Ahora, distribuyanse en la sala de manera de dejar espacio libre entre ustedes para poder moverse sin golpearse. Pongamos las manos sobre nuestras mejillas y sintamos nuestra temperatura corporal.

A la cuenta de 3, empezamos a movernos lo más rápido que se pueda (en el mismo lugar donde están parados), moviendo todas las partes del cuerpo, sin parar.

Les veo, pero parece que se estén moviendo muy poco. Están como al 50% de su capacidad.

Vamos, ¡aumentenlo al 70% por favor!

¡Ahora a 80%!

¡A 90%! (pausa) 95%! 98%! 99%! Y... ¡¡¡100%!!! ¡Lo más rápido posible!

Dejar que lleguen a un nivel lúdico. Ayudar con gritos, otras palabras, cualquier manera de animarles más.

Y.... (1, 2, 3 momia) ¡Detenganse! ¡Congelados!



Darles algunos segundos para entrar a este nuevo estado.

Empezamos a respirar profundo, dejando que nuestro cuerpo flote poco a poco, absorbiendo todo que pasó. Ahora pongamos de nuevo las manos sobre nuestras mejillas ¿Qué ocurrió ahora? ¿Cómo se sintieron cuando dejaron de moverse? ¿En qué tipo de energía se transformó la energía cinética?

(Respuesta deseada: cambió de energía cinética a energía calórica. También que quedó algo de energía cinética que sentimos dentro de nuestro cuerpo en vez de grandes movimiento externos –la energía no se perdió).

¿Y cómo se sintieron segundos después?

(Respuesta deseada: Segundos después, el cuerpo empezó a calmarse. ¿Y qué pasó con la energía cinética?

Respuestas posible –se trasladó a los moléculas del aire, y se empezó a calentar el aula. ¿Lo pueden sentir? También se convirtió de nuevo a energía potencial).

La energía potencial, la energía cinética y la energía calórica son formas de energía con las cuales experimentamos en el día a día. ¿Que otros tipos de energía conoces? ¿En qué procesos de nuestra vida cotidiana están presentes?

Este se puede convertir a una discusión más larga, si el tiempo lo permite, probando cosas que sugieren los participantes, y conversando de por qué funcionan o no funcionan, y si no como se puede modificarlas para que sí funcionen.

¿Será posible que algún tipo de energía simplemente se “pierda”?

¡No! Siempre se tiene que haber convertido en otra forma de energía. La idea de esta actividad es adquirir esto de forma intuitiva.

Terminar con una conversación tipo resumen, recordando todas formas de energía de cuales hablamos, y todos lo cambios que sentimos –¡nada de la energía se perdió, solo se transformó!

Ver la animación complementaria.

Terminar con una reflexión de lo que hemos aprendido en estas tres capsulas. Para pensar en casa: **¿Cuál es la conexión entre el movimiento universal, la gravedad implacable que es la capacidad de curvar espacio-tiempo, conservación y cambio de momentum angular y distintos tipos de energía? ¿Cómo interactúan estos principios? ¿Qué se puede hacer al mezclar los tres?**

Actividad 4

FORMACIÓN DE ESTRELLAS

Experiencia de formación estelar, o como una nube se convierte en el interior de una estrella

De las actividades anteriores adquirimos una intuición sobre los distintos tipos de energía y como se conservan y transforman, aprendimos sobre movimiento y descubrimos la naturaleza de la gravedad. Estas ideas nos ayudarán a explicar, por ejemplo, cómo se formaron el Sol, los planetas y de donde viene su movimiento. Primero, veamos cómo se formó el Sol, nuestra estrella. Más específicamente, cómo una nube interestelar se convierte en el interior de una estrella.

Lo más importante en esta actividad es la improvisación. Los participantes deben llegar a formar una estrella de manera lúdica, y sentir el momentum angular, el calor y la gravedad que les mantiene juntos antes de darse cuenta que estén en una formación metafórica estelar. Debemos tomarnos suficiente tiempo entre pasos, observando que el grupo esté llegando a lo necesario antes de seguir. El guía está libre para añadir sus propias direcciones o ajustar las que proponemos aquí siendo consciente del espacio donde se desarrolla la actividad. Cada grupo de cuerpos va a funcionar de manera un poco distinta, y las instrucciones así lo permiten. Esto es normal: cada estrella también es un poco distinta, aunque cada una cumple con los principios fundamentales de la física que aprendimos en las actividades anteriores (1-3).

La idea principal es sentir la inevitabilidad de la formación, percibir lo importante que es el equilibrio en

el proceso, y descubrir un fenómeno grande y complejo a través del cuerpo somático tanto como el cuerpo colectivo.

Esta actividad funciona mejor con un grupo numeroso de participantes, mínimo 7 personas.

Como en las actividades previas, es importante dar tiempo entre pasos para probar, seguir y sentir, antes de pasar a la siguiente dirección.

Caminamos por el espacio. Con calma. Y nos sentimos todos como hidrógeno, es decir, un átomo simple, el elemento más abundante del Universo.

Miramos con los ojos en todas las direcciones, no solo la del frente, y exploramos el caminar en distintas direcciones. Hacia atrás. Hacia la derecha. O la izquierda. Tratamos de evitar a otros cuerpos.

Pero si ocurre un choque, no pasa nada catastrófico, los hidrógenos a veces chocan con otros hidrógenos. Por cada colisión, hacemos el quite del otro cuerpo con un giro y continuamos, Siguiendo como cuerpos, más bien “hidrógenos”, libres.

Si se observa en esta etapa que las y los participantes todavía prefieren ir en dirección frontal, hay que eliminarla.

Seguimos caminando, en cualquier dirección excepto hacia el frente.

¡No hay que parar de moverse! Recuerden que todo en el universo está en movimiento.

Se puede repetir esta dirección en cualquier momento de la actividad, cuando se vea que algunos participantes están disminuyendo demasiado su velocidad.

¡No hay que solo caminar hacia el frente! Recuerden que en el Universo no hay ni centro, ni arriba, ni abajo. Todo depende del sistema de referencia.

Aumentemos poco a poco la velocidad.

Será más difícil evitar totalmente tocar otros cuerpos al viajar con más velocidad. Tengan en cuenta que cuando nos encontramos con otro cuerpo, le hacemos el quite con un giro y continuamos, siguiendo como cuerpos – hidrógenos– libres.

De forma natural observamos que se acumulan participantes en distintos sectores de la sala. Cada uno de estos corresponde a un “grumo” de hidrógenos donde se puede formar una estrella.

Ahora probemos que pasa cuando no nos separamos después de chocar con otro cuerpo. ¿Qué pasa si nos seguimos moviendo juntos después del giro?

Quizás nos encontramos con más que un solo cuerpo, y formamos un ¡“grumo” de hidrógenos!

(Pausa, observando que se está formando. Se puede repetir o elaborar si no.)

En caso que no se formen grumos, se puede guiar la actividad pidiendo a los participantes que traten de acercarse lo más posible sin tocarse, o incrementando la velocidad.

Puede ser que este grumo crezca.

(Pausa, observando que se está formando. Se puede repetir o elaborar si no.)

O se rompe y forma un grumo nuevo, con otros hidrógenos. (Pausa, observando que se está formando. Se puede repetir o elaborar si no.)

Observamos que en este grumo, o apelonamiento, se vuelve cada vez más difícil el moverse.

El girar de los cuerpos después de cada choque (para seguir siendo un hidrógeno libre) se dificulta. La atracción de gravedad hace al grumo cada vez más denso, y al chocar es más fácil para algunos hidrógenos quedarse juntos en movimiento.

Permitamos a los cuerpos hacer ésto ¡quedarse juntos al encontrarse!

La idea es que los participantes formen un racimo apelonado, donde los participantes en el centro se sentieran más apretados que los de las afueras. El guía está libre para añadir sus propias direcciones que guían este desarrollo. Estamos camino a la formación de una nueva estrella o protoestrella.

Ahora algunos de los hidrógenos ya no están tan libres. ¡Los del centro de la protoestrella están más apretados de los afuera! Los de fuera sientan la gravedad cada vez más fuerte y traten de concentrar más al grumo.

5 minutos de actividad corresponden a miles de años en la evolución de una protoestrella.

*Quizás los hidrógenos están tan apretados los unos con los otros que la protoestrella empieza a fusionarlos, convirtiendo los hidrógenos en helios (el segundo elemento más abundante del Universo).
¿Cómo se sienten los participantes del centro?*

Esto/as sentirán mayor presión y calor, querrán liberarse y de forma natural harán presión hacia afuera. Recuérdales que sigan moviendo mientras que están contestando. El nivel del sonido en el aula seguramente va a aumentar; el profesor solo tiene que hablar más fuerte, incluso gritar, que puede añadir al sentido de fusión estelar. La voz también lleva energía, que está tratando de escapar del centro de la estrella hacia fuera.

Exactamente –lo que sucede es que la energía cinética que les permitía moverse por todos lados de la sala de a poco se ha convertido en energía calórica y radiación. El calor es tan alto al centro de nuestra protoestrella que los hidrógenos comienzan a fusionarse en helios: la estrella ha comenzado a hacer fusión nuclear y así comienza a brillar.

¿Cómo se sienten los participantes de afuera? Ustedes deben contrarrestar el calor y la radiación que sale del centro. Traten de llegar a un equilibrio y habremos formado una estrella.

Estos/as, aunque están más libres, todavía están atrapados por la gravedad de la estrella y contrarrestan la presión de los participantes al interior, que empuja hacia afuera.

Déjales sentir el aumento en presión y calor, y encuentra una manera de romper la estrella.

Mientras más presionan los participantes de afuera (hacia adentro), más calor y presión sentirán los participantes al interior, quienes también harán presión hacia afuera para evitar el colapso gravitacional. Este equilibrio entre gravedad (que empuja hacia adentro) y la presión de calor y radiación (que empuja hacia afuera) es lo que consolida finalmente a una estrella.

Imaginemos que pasaron miles de millones de años, los participantes al centro de la estrella se han agotado y dejan de presionar hacia fuera por un momento. Luego, los participantes de afuera empujan con más fuerza. Este empuje despierta a los participantes del centro, ¡quienes ahora empujan con toda su fuerza hasta romper la estrella!

Formar un círculo y conversar sobre la estrella que acaban de formar. Terminar con preguntas para pensar en casa, que sirven como preparación a la próxima actividad: Pero, ¿y los planetas? ¿cómo se forman alrededor de las estrellas?

Actividad 5

FORMACIÓN DE PLANETAS

Experiencia de formación planetaria, o cómo crecer sin romperse y sin caerse a su estrella

Ahora llegamos a la parte más interesante, la cual ni siquiera los astrónomos entienden del todo: la formación de los planetas.

En astronomía entendemos cómo, a partir de motas de polvo, se puede llegar a rocas del tamaño de un metro más o menos. Rocas más grande que eso, aún no lo sabemos. Menos aún un Planeta. En todos los cálculos y simulaciones que hacemos, las roquitas se rompen al chocar entre sí, o se caen a la estrella porque el roce con el gas que quedó de la formación de la estrella, transformando su energía de movimiento en calor, cediendo entonces a la gravedad de la estrella.

En esta actividad se pone a las y los participantes en el rol de investigador científico, con toda libertad de jugar con ideas, sugerir opciones para probar sus hipótesis, etc. La idea es aplicar el conocimiento corporal aprendido en las actividades anteriores para proponer ideas de cómo se forman los planetas. La gravedad, la conservación de energía y el momentum angular son conceptos claves, los cuales ya hemos descubierto a través de nuestro cuerpo.

El rol del profesor es guiar las conversaciones y ayudar a los participantes a probar cosas nuevas, es decir, sentirse libres para sugerir ideas (que quizás parecen locas) y jugar con la información tanto como con el cuerpo.

Esta actividad, igual que la de formación de estrellas, también funciona mejor con un mayor número de participantes y en un lugar espacioso (puede ser una sala grande, una cancha o un estadio).

Mínimo 15 participantes.

Caminamos por el espacio, todo el grupo en una misma dirección general. Cada uno puede tener su propia dirección que desvía un poco de esta dirección general.

Cualquiera, pero no solo hacia el frente.

Si no sabes cual dirección seguir, intenten caminar de espaldas. Con calma.

Y nos sentimos todos como pedacitos de polvo y roca que sobraron de la formación de la estrella y que quedaron girando a su alrededor en una especie de disco.

Estos pedacitos de roca pueden ser llamados asteroides, planetesimales o protoplanetas, y serán los constituyentes de un futuro planeta como la Tierra.

Como en la actividad anterior, si se observa que algunos participantes están parando, les puede recordar:

¡No hay que parar de moverse! Recuerden que todo en el universo está en movimiento. La gran diferencia con la actividad de formación de estrellas es que, en vez de movernos en cualquier dirección aleatoria, nos movemos todos en la misma dirección.

Al llegar al final del espacio, nos devolvemos caminando por el costado y volvemos a unirnos al movimiento desde la partida.

Jugamos con la velocidad. La podemos aumentar, o disminuir. La velocidad puede ser igual a los cuerpos que estén alrededor, o distinta. Nos seguimos moviendo, ¡sin parar! En la misma dirección general, con variaciones de dirección individual. Cruzando los caminos. Tratamos de evitar a otros cuerpos. Pero si ocurre un choque, hacemos el quite del otro cuerpo con un giro y continuamos. Seguimos moviendo, de vez en cuando cambiando y jugando

con las velocidades. Aumentamos la velocidad, girando para evitar posibles encuentros con otros cuerpos. Quizás se pone más difícil no encontrarse y chocar con otros cuerpos. Puede ser que se formen algunos apelonamientos.

Si alguien se desliza, agacha o cae al suelo para evitar contacto con otros cuerpos (si esto no sucede, saltar al paso b.).

a. ¡Hacemos pausa! (1,2,3 momia) ¿Qué pasó? ¿Porqué se cayó o cayeron esta(os) participante(s)?

La fricción entre estos planetas en potencia y el medio en el que se mueven hacen que pierdan energía cinética e inevitablemente caigan a la estrella (en este caso, el suelo).

Esto es exactamente el problema que los astrónomos están tratando de entender. En las teorías que tenemos, los planetas en formación se caen a la estrella, a la deriva. ¿Cómo podemos resolver éste problema? ¿Qué hay que hacer para no caerse al piso cuando se juntan muchos cuerpos? Recuerda lo que hicimos con momentum angular, ¿podría ayudar?

Probar en una improvisación ideas de los participantes. Sugerencia, si los participantes no tienen otras ideas:

Podemos, por ejemplo, comenzar de nuevo a movernos lentamente. Después de girar, continuar girando y tomar las manos con otra(s) persona(s) (en parejas o grupos de a tres). Así seguimos en nuestra dirección única para todos pero con un poco de giro. Así cuando nos encontramos con otros átomos, ¡tenemos momentum angular que nos mantiene en movimiento!

b. Nos seguimos moviendo en una dirección, juntando rotación al girar con otros.

Aumentamos la velocidad de nuevo,

Cuando se ponga más difícil el no encontrarse y chocar con otros cuerpos. Puede ser que se formen grupos pequeños de asteroides. Y que con tiempo se desmoronen. Se formen, y de nuevo se desmoronen ¡Mira que difícil es formar rocas grandes! ¿Que difícil es seguir rotando al encontrar otras parejas! Nos desarmamos al chocar. Pero, ¿cómo vamos a hacer un planeta alrededor de la estrella si ni siquiera podemos juntar 3 o 4 asteroides?

Aquí se le puede pedir a los participantes disminuir la velocidad y contar la explicación mientras que siguen moviendo, con calma.

Éste también es un problema que los astrónomos no entienden del todo: cuando hay tantas roquitas (planetesimales, protoplanetas) creciendo, los choques entre rocas grandes se hacen más frecuentes. No se da la oportunidad para que estos planetoides crezcan. ¡Todos se rompen muy rápidamente!

Sin embargo, los últimos descubrimientos (3000 planetas detectados alrededor de estrellas cercanas) nos dice que esto último es muy poco probable: a la naturaleza le gusta formar planetas en abundancia. Es decir, los planetesimales o asteroides se encuentran, se juntan, y crecen hasta formar planetas de todos tamaños. En este momento los astrónomos necesitan ayuda para resolver este problema.

Preguntar a los participantes qué se les ocurre.

¿Cómo resolver este problema de formación planetaria? ¿qué podemos hacer para que, al moverse todos en una dirección, en torno a una estrella, girando, etc, los planetas crezcan y no se rompan entre ellos?

Probar y jugar con las ideas de los participantes. Ayuda a los participantes a pensar en las actividades anteriores (1-3). Recuérdales los movimientos y sentimientos del cuerpo tanto como los conceptos que seguramente están involucrados aquí.

Sugerencia, si los participantes no tienen otras ideas:

Movernos en una dirección pero con más espacio entre nosotros. Así no se pierde tanta energía con la fricción, y tampoco vamos a chocar tanto. Pero, ¿cómo hacemos hacer un protoplaneta si las rocas nunca se tocan?

Así continuamos explorando. Cada pregunta puede generar una actividad y una discusión. Se recomienda probar cosas y hablar después. No quedarse demasiado tiempo sólo hablando. Preguntas: ¿qué hacer para evitar caer al suelo, en una manera cómoda e intuitiva por el cuerpo? ¿Qué hacer para no chocar tanto con otros? Y mientras tanto, ¿qué más podemos hacer para que las roquitas crezcan mientras se siguen moviendo alrededor de la estrella?

El objetivo de esta actividad es que los participantes entiendan que este es un problema no resuelto, abierto, y que la ciencia es un proceso vivo que se enfrenta a constantes desafíos.

Formar un círculo y conversar sobre los planetas que acaban de formar.

Terminar con una reflexión, que puede ser en el aula, o algo para hacer o sobre qué meditar en casa: En la formación de planetas, ¿cómo usamos las leyes fundamentales de la física? La gravedad, el movimiento, la conservación de energía, o de momentum angular, o la transferencia de energía. ¿Hay conceptos fundamentales que nos faltan?

¡Envíanos tus sugerencias para explorar en Recreo Espacial v.2!

Mientras tanto, se sugiere regresar a estas actividades, en cualquier orden, y seguir explorando lo que el cuerpo nos puede enseñar. Donde sea posible, se recomienda jugar con aprendizaje a través del cuerpo en clases de otras materias, para que el medio del cuerpo se convierta en un método de aprendizaje y investigación válido para cualquier pregunta.

CONCLUSIONES

Recreo Espacial ha desarrollado una metodología de trabajo que permite traducir fenómenos naturales y de investigación científica a actividades de aprendizaje corporal. Ejemplo concreto:

Para aprender sobre los fenómenos globales de formación de estrellas o formación de planetas, hemos:

- Definido los conceptos fundamentales más importantes.
- Descrito maneras para comunicar estos conceptos a estudiantes a través de actividades de improvisación corporal.
- Descrito actividades finales donde se aplican estos conceptos y se adquiere una intuición de cómo se forman las estrellas.
- Además, la actividad final sobre la formación de planetas engloba los conceptos vistos en actividades anteriores

y, al ser “¿cómo se forman los planetas?” una pregunta para la cual aún no se tiene solución, se da la oportunidad para experimentar la ciencia como un proceso vivo en constante evolución.

- Además de la descripción de las actividades, hemos creado guiones para profesores y videos de animación para reforzar los contenidos de cada actividad.

Más que nada, Recreo Espacial busca dar un paso adelante en dirección a una enseñanza de la ciencia donde el conocimiento científico, usualmente vinculado a la mente, no está disociado del cuerpo y de la experiencia humana.

Destacamos que lo más importante es que este proyecto invita a los participantes a descubrir los fenómenos por sí mismos, adquiriendo una intuición propia sobre las leyes de la naturaleza.

REFERENCIAS

Csordas, Thomas. "Somatic Modes of Attention". *Cultural Anthropology*, 1993, Vol. 8, No. 2: 135-156.

De Freitas, Elizabeth and Francesca Ferrara. "Movement, memory and mathematics: Henri Bergson and the ontology of learning" in *Studies in Philosophy and Education*, 2015.

Goldman, Danielle. *I Want to Be Ready: Improvised Dance as a Practice of Freedom*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.

Hanna, T. What Is Somatics. *Journal of Behavioral Optometry*, 1991, 2(2), pp.31-35.

Izagirre, Josu Rekalde. "De la visualidad como evidencia a la percepción expandida" *Arte y Políticas de Identidad*, vol 9 / Dic. 2013: pp 23-36.

Kaplan, Frédéric y Pierre Yves Oudeyer. "El Cuerpo Como Variable Experimental" trans. Rodrigo Zapata Cano. *Revista TRILOGÍA* No. 9, 2013: pp. 145 – 153

Lakoff, George and Rafael E. Núñez. *Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being*. New York, NY: Basic Books, 2000.

Perelman, Gregory. *Physics for Entertainment*, translated. Mir Publishers, 1972.

Pfeifer R. y Bongard, J. *How the body shapes the way we think: A new view of intelligence*. Cambridge, MA:, The MIT Press, 2007.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Recreo Espacial agradece el apoyo del Consejo de la Cultura y de las Artes de Aysén, a todos los estudiantes y profesores que participaron con su valioso tiempo y experiencia desde las escuelas públicas de la Región de Aysén (El Camino de Coyhaique, Colegio de Caleta Tortél, Escuela de Cochrane) y el colegio Media Waldorf de Limache.

QUIÉNES SOMOS

Equipo creativo multidisciplinario

Sebastián Pérez es astrónomo de la Universidad de Chile, Doctor en Astrofísica (University of Oxford), autor de la novela de ciencia para niños y niñas “Bitácora Planetaria: Cazadores de Eclipses”. Dirige iniciativas de convergencia entre ciencia, arte y educación.

Anya Yermakova es candidata a doctora en Historia de la Ciencia y Estudios de Arte Performático (University of Harvard). Realiza estudios en Axis Syllabus, Danza Contact Improv y Somática. Magíster en Matemáticas y Ciencias de la Computación (University of Oxford). Licenciada en Bioquímica y en Interpretación musical en piano (Northwestern University, Chicago).

Karina Hyland es diseñadora integral de la Pontificia Universidad Católica de Chile, actualmente se dedica a la gestión y producción de proyectos de divulgación científica.

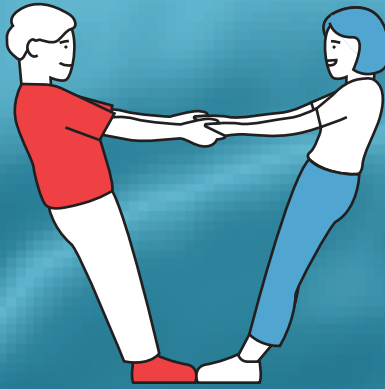
Beatriz Buttazoni es licenciada en Artes (Pontificia Universidad Católica de Chile), directora de proyectos de animación para televisión, cine y publicidad. Docente en carreras ligadas a la comunicación y dedicada a difundir las ciencias y el pensamiento crítico.

Simón Casassus es profesor titular del Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile, Doctor en Astrofísica (University of Oxford), director del Núcleo Milenio de Discos Protoplanetarios.

Gabriela Zegers es licenciada en Biología (Pontificia Universidad Católica de Chile), Magíster en Fisiología (Universidad de Concepción), actualmente dicta clases de biología en el Colegio Media Waldorf de Limache.

Colaboradores

Elías Cohen, Valentin Keller, Domingo del Sante, Ebana Garín, Jose Chahin, Pablo Zamorano, Matias Inostroza, Catalina Tello, Valentina Cruz Collins y Beatriz Santelices



RECREO
ESPACIAL