

# ArDM & DArT

Argon Dark Matter (ArDM) is a direct dark matter experiment for Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) searches. The ArDM detector is designed as a tonne-scale dual-phase liquid-argon time projection chamber (LAr TPC) to detect elastic scattering of WIMPs on argon nuclei, by observing ionisation and scintillation events, which are produced by the recoiling nucleus in the argon medium. The ArDM experiment consists of a cylindrical TPC installed in a LAr dewar of 1 m diameter. A layer of 10 cm of LAr is available around the target to shield particles entering from the outside. The detector active volume is confined by an optical surface made of high-reflectivity Polytetrafluoroethylene (PTFE) foils to collect as many photons as possible. The PTFE reflectors are coated with a thin layer of a wavelength shifter (WLS), to convert the argon scintillation VUV light to a range of maximal sensitivity of the photomultiplier tubes (PMTs).

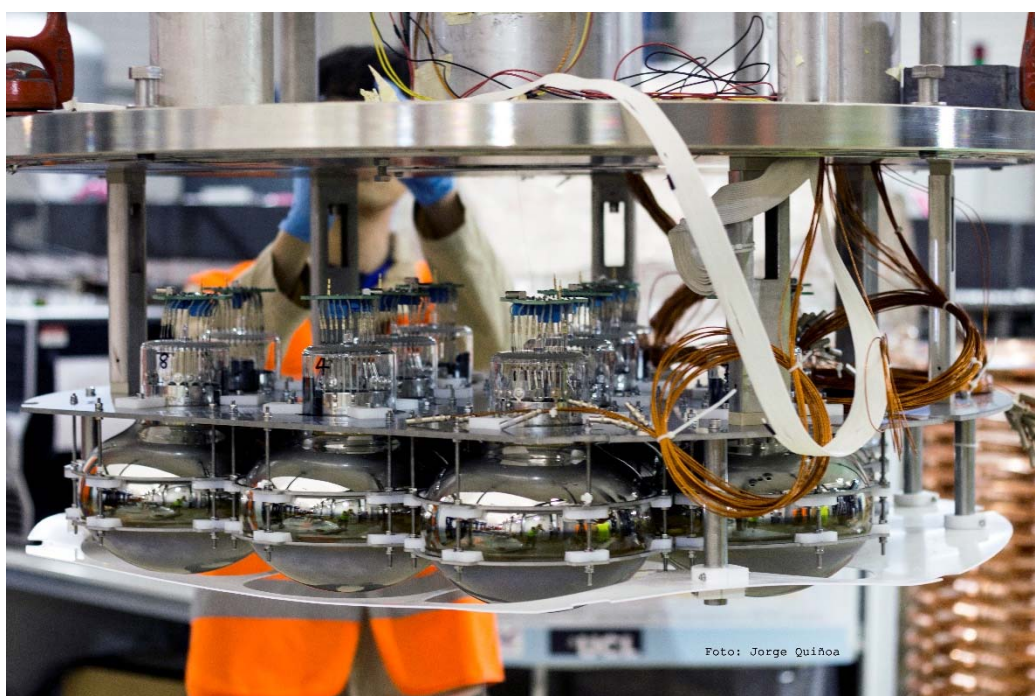
The 24 low-radioactivity cryogenic 8" PMTs are distributed in two equal arrays for light readout, the top PMT array above the LAr target in the gaseous phase and the bottom array immersed in LAr. Nuclear recoils induced by WIMPs or neutrons, or electron recoils by radiation, as well as charged particle (alphas, betas or muons) interactions in the argon medium generate scintillation light (S1) and electron-ion pairs. When the detector works in the dual-phase (liquid and gaseous) mode, the electrons can be separated from their ions in an electric field and drift upwards to the argon surface. After being extracted from the LAr to the gaseous argon (GAr) on top, these electrons are accelerated and the secondary scintillation light (S2), which is proportional to the amount of electrons extracted, is produced. Both S1 and S2, which are vacuum ultraviolet (VUV) light with a wavelength around 127 nm, can be wavelength shifted to visible range by a layer of tetraphenyl butadiene (TPB) deposited on the inner surfaces and read out by the PMT arrays. In the single-phase commissioning Run I, with zero electric field, only S1 signals were recorded.

Materia Oscura con Argón (ArDM) es un experimento de búsqueda de partículas masivas con interacción débil (WIMP). El detector ArDM consiste en una cámara de proyección temporal de argón líquido de doble fase de una tonelada (LAr TPC) para detectar la dispersión elástica de WIMP en los núcleos de argón, al observar los eventos de ionización y centelleo, que se producen por el retroceso del núcleo en el medio de argón. ArDM consiste en una TPC cilíndrica instalada en un recipiente de LAr de 1 m de diámetro. Una capa de 10 cm de LAr alrededor del volumen activo identifica las partículas incidentes del exterior. El volumen activo del detector está recubierto por una superficie óptica construida con láminas de politetrafluoroetileno (PTFE) de alta reflectividad para recoger la mayor cantidad de luz. Los reflectores están recubiertos con una capa delgada de un cambiador de longitud de onda (WLS), para convertir la luz VUV de centelleo del argón en luz en el rango de sensibilidad máxima de los tubos fotomultiplicadores (PMT).

Los PMT criogénicos de baja radiactividad de 8" (24) se distribuyen en dos conjuntos iguales para la lectura de luz, el conjunto superior de PMT en la fase gaseosa y el conjunto inferior sumergido en LAr. Los retrocesos nucleares inducidos por WIMP o neutrones, los de electrones por radiación, así como las interacciones de partículas cargadas (alfa, betas o muones) en el medio argón generan luz de centelleo (S1) y pares de ion-electrón. Cuando el detector funciona en el modo de doble fase, los electrones pueden separarse de sus iones en un campo eléctrico y derivar hacia el argón gaseoso (GAr). Después de extraerse del LAr al GAr, estos electrones se aceleran y la luz de centelleo secundaria (S2), que es proporcional a la cantidad de electrones extraídos. Tanto S1 como S2, consisten en luz ultravioleta en vacío (VUV) con una longitud de onda de alrededor de 127 nm, pueden ser desplazados a un rango visible por una capa de tetrafenilbutadieno (TPB) depositado en las superficies internas y leídas por los PMT. En la puesta en marcha del Run I de fase única, con campo eléctrico cero, solo se registraron señales S1.

During ArDM Run I no voltages were applied to the drift cage ( $E=0$ ) and the detector was operated in single-phase mode with a slightly different geometry than for double phase operation creating an active LAr target of around 850 kg. During ArDM Run II the active target volume, defined by the drift cage, amounts to about 540 liters, corresponding to about 750kg of LAr and the detector is operated in double-phase with an approximately uniform vertical electric field is created in the active volume. By applying negative HV to the cathode electrons are drifted to the top where they are extracted into the gaseous phase of the detector producing the secondary signal S2. The drift cage has a shape of vertical cylinder, 112 cm in height and 80 cm in diameter, owning a flat section on the side to accommodate the large HV feedthrough. The drift cage is formed by 27 field shaper rings vertically arranged with a pitch of 40 mm. The rings are mounted onto seven 40 mm thick pillars made out of high-density polyethylene (HDPE). Top and bottom of the active volume are electrically closed by an extraction and cathode grid, respectively. The maximal design value of the cathode voltage is -100 kV creating a drift field up to about 1 kV/cm. A further grid is mounted 13 cm below the cathode grid biased to a voltage similar to the one for the PMTs as HV protection.

Durante el Run I de ArDM no se aplicó voltaje en la jaula de deriva ( $E = 0$ ) y el detector funcionó en modo monofásico con una geometría ligeramente diferente que en la operación de doble fase, con una masa de LAr de alrededor de 850 kg. Durante el Run II de ArDM, el volumen activo, definido por la jaula de deriva, es 540 litros, que corresponde a 750 kg de LAr y el detector se opera en fase doble con un campo eléctrico vertical aproximadamente uniforme en el volumen activo. Al aplicar alto voltaje negativo al cátodo, los electrones se derivan hacia la parte superior, donde se extraen a la fase gaseosa del detector que produce la señal secundaria S2. La jaula de deriva tiene una forma de cilindro vertical, 112 cm de altura y 80 cm de diámetro, con una sección plana en el lateral para acomodar el gran paso de alto voltaje. La jaula de deriva tiene 27 anillos dispuestos verticalmente con un paso de 40 mm. Los anillos se montan en siete pilares de 40 mm de espesor hechos de polietileno de alta densidad (HDPE). La parte superior e inferior del volumen activo están eléctricamente cerradas por una rejilla de extracción y cátodo, respectivamente. El valor de diseño máximo del voltaje del cátodo es -100 kV, creando un campo de deriva de aproximadamente 1 kV/cm. Una rejilla adicional se monta 13 cm por debajo de la rejilla del cátodo con un voltaje similar al de los PMT.





After several years of preparation, the ArDM experiment has recently reached an important milestone in the line of the project. The detector is running under stable experimental conditions in maximum-speed data-taking-mode. The purity of the LAr target is sufficiently high for satisfactory S1 and S2 signals, still improving, and suggesting good data quality. Data are collected in large quantities and the analysis projects towards the main physics aims of ArDM were started. This step forward was achieved by the integration of a heated getter cartridge in the gaseous recirculation circuit of ArDM, which was commissioned on November 7th. 2018. Since more than one year the detector is running in the double phase operational mode (Run II) taking continuously data at charge drift fields around 35 kV and an extraction field around 5 kV. No evidence for sparking or leakage currents were observed. More than 1010 events were recorded to disk. The operation of ArDM in the dual-phase mode yielded a major milestone in the experimental program. It is the first tonne-scale LAr TPC designed for a low energy threshold running at an underground site. The first tasks were to explore the main detector properties, to upgrade the external experimental components for a good purification of the argon and to find stable experimental operational conditions for mass data taking. This was achieved by improving the control system with additional operational safety. Preliminary results from a 1.2 live day data set were taken 2 weeks after commissioning of the new filter, demonstrating the capabilities of the ton scale LAr TPC.

Después de varios años de preparación, el ArDM ha alcanzado recientemente un hito importante. El detector funciona en condiciones estables en el modo de toma de datos de velocidad máxima. La pureza del LAr es suficientemente alta para señales S1 y S2 satisfactorias, todavía mejorando y sugiere una buena calidad de datos. Se están tomando grandes cantidades de datos y se han iniciado los análisis de los principales objetivos de ArDM. Este paso adelante se ha logrado gracias a una trampa caliente en el circuito de recirculación gaseosa de ArDM, en uso desde el 7 de noviembre de 2018. Desde hace más de un año, el detector está funcionando en doble fase (Run II) tomando datos continuamente con campos de deriva de 35 kV y campos de extracción de 5 kV. No se observaron chispas ni corrientes de fuga. Se recogieron más de 1010 eventos grabados en disco. La operación de ArDM en el modo de fase doble es un hito importante en el programa experimental: es la primera LAr TPC en la escala de tonelada con umbral de baja energía en un laboratorio subterráneo. Las tareas iniciales han sido explorar las principales propiedades del detector, actualizar los componentes experimentales externos para una buena purificación del argón y encontrar condiciones operativas experimentales estables para la toma masiva de datos. Se ha mejorado el sistema de control con seguridad operacional adicional. Los resultados preliminares de 1.2 días se han tomado 2 semanas después de la puesta en marcha del nuevo filtro, lo que demuestra las capacidades de la escala de toneladas LAr TPC.





The ArDM infrastructure can be of great use for developments in the radiopure argon program of the future experiment Dark Side (DS-20k). DArT at ArDM is a proof-of-concept for a facility to determine the radiopurity of argon with high precision. The goal is to measure the intrinsic remnant contamination, particularly  $^{39}\text{Ar}$  and  $^{85}\text{Kr}$ , of argon samples purified at the distillation column (Aria), and/or recuperated from the  $\text{CO}_2$  gas well (Urania) of the Kinder-Morgan plant, Colorado (USA). In a first phase we plan to operate a small single-phase LAr chamber of about 1 liter volume inside ArDM at LSC. For this purpose the ArDM detector will run in the single phase operational mode as an active veto for internal and external backgrounds. For the reason of retaining the dual phase setup for later measurements and faster experimental turnover, we decided to build a new single-phase setup with two sets of each 6 low background PMTs in the top and in the bottom, of the same type as presently used in ArDM. This allows for a dedicated and optimised setup for DArT, which can be easily swapped with the presently installed dual phase setup. The dual phase setup can be re-used later for measurements with highest sensitivities where a large detector volume is needed (fiducialization), once depleted argon is available in large quantities.

ArDM puede ser de gran utilidad para el programa de radiopureza de argón del futuro experimento Dark Side (DS-20k). DArT en ArDM es una prueba de concepto para una instalación que determina la pureza radioeléctrica del argón con alta precisión. El objetivo es medir la contaminación remanente intrínseca, particularmente  $^{39}\text{Ar}$  y  $^{85}\text{Kr}$ , de muestras de argón purificadas en la columna de destilación (Aria), recuperadas del pozo de gas  $\text{CO}_2$  (Urania) de la planta de Kinder-Morgan, Colorado. En una primera fase, planeamos operar una pequeña cámara LAr de 1 litro dentro de ArDM en LSC. Para este propósito, el detector ArDM se ejecutará en el modo de una fase como un veto activo para fondos internos y externos. Por la razón de retener la configuración de fase dual para mediciones posteriores, hemos decidido construir la configuración de fase única con dos conjuntos de 6 PMT de bajo fondo en la parte superior y en la inferior, del mismo tipo que los utilizados actualmente en ArDM. Esto permite una configuración dedicada y optimizada para DArT, que puede intercambiarse fácilmente con la configuración de fase dual instalada actualmente. La configuración de fase dual se puede reutilizar para medidas con sensibilidad mayor donde se necesita un gran volumen de detector (fiducialización), una vez que el argón puro esté disponible en grandes cantidades.