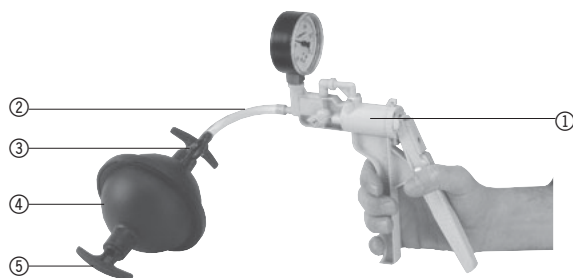


U30010 Magdeburger Halbkugeln

Bedienungsanleitung

7/03 ALF



- ① *Vakuum Handpumpe*
- ② *Schlauch*
- ③ *Absperr- bzw. Belüftungshahn mit Schlauchwelle*
- ④ *Halbkugel*
- ⑤ *Handgriff*

Die Magdeburger Halbkugeln dienen zur Demonstration der Wirkung des atmosphärischen Luftdrucks (historischer Versuch nach Otto von Guericke).

1. Sicherheitshinweise

- Nicht versuchen die evakuierten Halbkugeln mit Werkzeug auseinander zu hebeln.
- Nicht versuchen mit Hilfe von Seilen oder ähnlichem die Halbkugeln zu trennen, da sie, wenn sie sich trennen, zu Geschossen werden können.
- Beim Belüften der Halbkugeln die Apparatur festhalten, so dass eine Beschädigung durch Herunterfallen der Halbkugeln vermieden wird.
- Hinter den Personen, die versuchen die Magdeburger Platten zu trennen, sollte genug freier Raum sein.

2. Beschreibung, technische Daten

Zwei Kunststoff-Halbkugeln mit Handgriffen und eingeletem Gummidichtungsring lassen sich vakuumdicht zusammensetzen. Eine Halbkugel ist mit Absperr- bzw. Belüftungshahn und Schlauchanschluss versehen. Ein kurzer Schlauch vervollständigt die Apparatur.

Vakuumanschluss:	8 mm
Durchmesser:	120 mm
Schlauchlänge:	110 mm

3. Funktionsprinzip

Die Erde ist umgeben von einem Luftmantel, der Atmosphäre. Die Luftmoleküle sind wie alle anderen Stoffe der Schwerkraft ausgesetzt und konzentrieren deshalb an der Erdoberfläche. Der atmosphärische Druck, der von der Luftmasse ausgeübt wird, ist auf Meereshöhe am größten und nimmt mit steigender Entfernung von der Erdoberfläche ab. Analog zu Flüssigkeiten wirkt der Luftdruck gleichmäßig von allen Seiten auf einen Körper. In einem offenen Körper besteht immer ein Gleichgewicht zwischen dem Innen- und Außendruck. Ist der Innendruck geringer als der Außendruck, so wird sich der Gleichgewichtszustand durch Einfließen von Luft wieder herstellen. Auch im umgekehrten Fall, wenn der Innendruck größer als der Außendruck ist, besteht die gleiche Tendenz durch Austritt von Masse. In einem geschlossenen Körper ist die resultierende Kraft aus der Druckdifferenz zwischen Innen- und Außendruck im ersten Fall auf die Oberfläche des Körpers gerichtet und wird ihn zusammendrücken und im zweiten Fall nach außen mit der Tendenz ihn zur Explosion zu bringen.

Der Physiker und Bürgermeister von Magdeburg Otto von Guericke demonstrierte als erster die Wirkung des atmosphärischen Luftdrucks. Seine Vakuumversuche begannen um 1650 und fanden ihren Höhepunkt mit einem spektakulären Experiment 1654 in Regensburg vor dem Kaiser Ferdinand III: Die Magdeburger Halbkugeln. Dazu

evakuierte von Guericke zwei mit einem in Öl und Wachs getränkten Lederriemen abgedichtete Kupferhalbkugeln mit einem Durchmesser von 42 cm. Die Luft drückte die Halbkugeln so stark zusammen, dass selbst 16 Pferde nicht im Stande waren diese zu trennen.

4. Bedienung

- Vor dem Versuch Gummidichtungsring auf richtigen Sitz und Beschädigungen überprüfen.
- Halbkugel mit Hahn an eine Pumpe anschließen und Hahn öffnen.
- Zweite Halbkugel auf die erste setzen und beide zusammendrücken.

- Eine zweite Person startet den Evakuierungsvorgang.
- Nach kurzer Zeit (abhängig von der Pumpleistung der Pumpe) Pumpe abstellen, Hahn schließen und Schlauchverbindung lösen.
- Wirkung des atmosphärischen Luftdrucks durch Ziehen an den Halbkugeln demonstrieren.
- Nach dem Versuch Kugel durch Öffnen des Hahns belüften. Dabei die Halbkugeln festhalten, um eine Beschädigung durch Herunterfallen zu vermeiden.

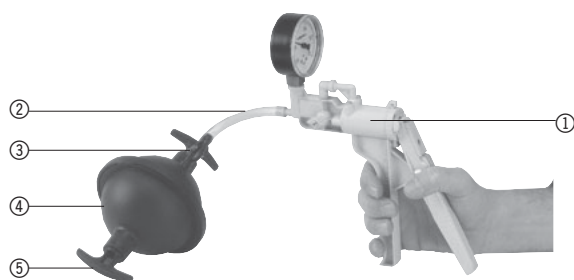
Zusätzlich erforderlich:

1 Vakuumpumpe (z.B. Vakuum Handpumpe U20500)

U30010 Magdeburg Hemispheres

Instruction Sheet

7/03 ALF



- ① Vacuum hand-operated pump
- ② Hose
- ③ Stopcock or ventilation valve with hose nipple
- ④ Hemisphere
- ⑤ Handle

The Magdeburg hemispheres are used to demonstrate the effect of atmospheric pressure (historical experiment according to Otto von Guericke).

1. Safety instructions

- Do not try to pry the two evacuated hemispheres apart using tools.
- Do not try to separate the hemispheres using ropes or similar, because when they do separate they can turn into projectiles.
- When ventilating the hemispheres hold on tight to the apparatus so that you can avoid any damage from the hemispheres falling.
- Ample space should be left behind the persons trying to separate the Magdeburg plates.

2. Description, technical data

Two plastic hemispheres with handles and inlaid rubber sealing rings can be joined vacuum tight. One hemisphere is equipped with stopcock or ventilating valve and hose connection. A short hose completes the apparatus.

Vacuum connection:	8 mm
Diameter:	120 mm
Hose length:	110 mm

3. Operating principle

A protective mantle of air called the atmosphere surrounds the earth. The air molecules like all other materi-

als are subject to the force of gravity and thus become concentrated at the earth's surface. The atmospheric pressure, which is exerted by the air mass, is highest at sea level and gradually decreases with increasing distance from the earth's surface. Air pressure like any liquid exerts equal and constant pressure on all sides of an object. In an open object equilibrium always prevails between internal and external pressure. If the internal pressure drops more than the external pressure, the state of equilibrium is reestablished by letting air in. Conversely, if the internal pressure becomes greater than the prevailing external pressure, there is the same tendency to escape. In an enclosed object the force resulting from the difference between the internal and external pressures affects the object's surface either causing it to compress or in the latter case causing the object to explode.

The physicist and mayor of Magdeburg Otto von Guericke was the first to demonstrate the effect of atmospheric pressure. His vacuum experiments commenced around 1650 and reached their zenith in 1654 in a spectacular experiment attended by Kaiser Ferdinand III in the town of Regensburg: the famous Magdeburg hemispheres. To do this von Guericke evacuated the air out of two copper hemispheres of 42 cm diameter and sealed with an oil and wax saturated leather lining. The air pressed the hemispheres together with such force that even 16 horses were unable to pull them apart.

4. Operation

- Before starting the experiment check ensure that the rubber seal ring is correctly situated and that it is undamaged.

- Connect the hemisphere with stopcock to a pump and open the valve.
- Place the second hemisphere on the first one and press the two of together.
- A second person starts the evacuation process.
- After a short time (depending on the pump's pumping power) stop the pump, close the stopcock and loosen the hose connection.
- Demonstrate the effect of atmospheric pressure by

trying to pull the hemispheres apart.

- After completing the experiment ventilate the sphere by opening the valve. Make sure you hold on to the hemispheres to avoid any damage from them falling down.

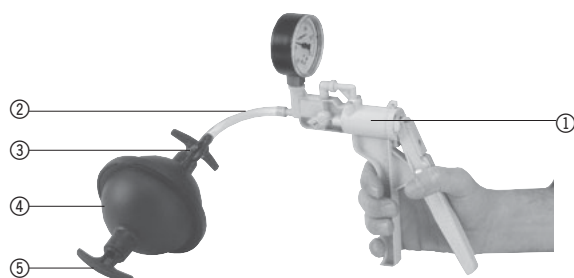
Additionally required:

1 Vacuum pump (e.g. vacuum hand-operated pump U20500)

U30010 Hémisphères de Magdebourg

Instructions d'utilisation

7/03 ALF



- ① Pompe à vide manuelle
- ② Tuyau
- ③ Robinet d'arrêt et de ventilation avec arbre à tuyau
- ④ Hémisphère
- ⑤ Poignée

Les hémisphères de Magdebourg permettent de montrer l'effet de la pression atmosphérique (expérience historique d'après Otto von Guericke).

1. Consignes de sécurité

- Ne pas essayer de desserrer les hémisphères sous vide à l'aide d'un outil.
- Ne pas essayer de séparer les hémisphères à l'aide de câbles, etc., car, lorsqu'ils se détachent, ils deviennent de véritables projectiles.
- Lors de la ventilation des hémisphères, tenir le dispositif de telle sorte que les hémisphères ne puissent pas tomber.
- Offrir suffisamment de place derrière les personnes qui essaient de séparer les plaques de Magdebourg.

2. Description, caractéristiques techniques

Equipés de poignées et d'un joint en caoutchouc inséré, deux hémisphères en plastique peuvent être assemblés et former un espace hermétique sous vide. Un hémisphère est pourvu d'un robinet d'arrêt / de ventilation et d'un raccord de tuyau. Un tuyau court complète le dispositif.

Raccord de vide : 8 mm
 Diamètre : 120 mm
 Longueur de tuyau : 110 mm

3. Principe du fonctionnement

La Terre est enveloppée dans de l'air, l'atmosphère. Comme toutes les autres substances, les molécules d'air subissent l'attraction terrestre et se concentrent pour cette raison à la surface de la Terre. La pression atmosphérique exercée par la masse d'air est la plus importante au niveau de la mer et diminue au fur et à mesure qu'on s'en éloigne. Comme les liquides, la pression d'air exerce une action uniforme sur tous les côtés d'un corps. Dans un corps ouvert, il y a toujours un contre-poids entre la pression intérieure et extérieure. Si la pression intérieure est inférieure à la pression extérieure, on peut rétablir l'équilibre en laissant pénétrer de l'air. Dans le cas inverse, si la pression intérieure est supérieure à la pression extérieure, on observe la même tendance lorsque de la masse s'échappe. Dans un corps fermé, la force résultant de la différence entre les pressions intérieure et extérieure est, dans le premier cas, orientée vers la surface du corps et la comprimera et, dans le second cas, vers l'extérieur, avec tendance à l'explosion.

Le physicien et bourgmestre de Magdebourg Otto von Guericke fut le premier à démontrer l'effet de la pression atmosphérique de l'air. Vers 1650, il commença ses expériences sur le vide, dont la plus spectaculaire fut celle de 1654 à Regensburg sous les yeux de l'Empereur Ferdinand III : les hémisphères de Magdebourg. Von Guericke fit le vide entre deux hémisphères en cuivre d'un diamètre de 42 cm, l'étanchéité étant assurée par une courroie

en cuir imbibée d'huile et de cire. L'air comprima les hémisphères avec une telle force qu'il fut impossible même à 16 chevaux de les séparer.

4. Manipulation

- Avant de réaliser l'expérience, vérifier que l'anneau d'étanchéité en caoutchouc est correctement placé et en bon état.
- Relier l'hémisphère à une pompe avec un robinet et ouvrir le robinet.
- Placer le second hémisphère sur le premier et presser l'un contre l'autre.

- Une seconde personne se charge de faire le vide.
- Après un court moment (qui dépend de la puissance de la pompe), arrêter la pompe, refermer le robinet et desserrer le raccord de tuyau.
- Démontrer l'action de la pression atmosphérique en tirant sur les deux hémisphères.
- Après l'expérience, ventiler les hémisphères en ouvrant le robinet. Tenir les deux hémisphères pour éviter qu'elles ne tombent.

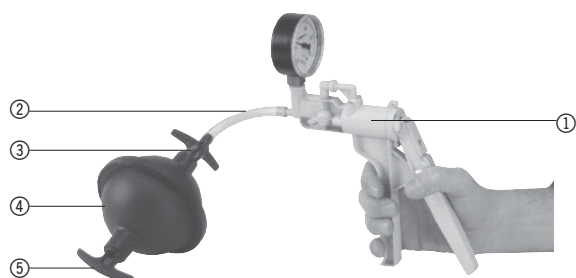
Articles complémentaires nécessaires :

1 pompe à vide (par ex. pompe à vide manuelle U20500)

U30010 Emisferi di Magdeburgo

Instruzioni per l'uso

7/03 ALF



- ① Pompa manuale per vuoto
- ② Tubo
- ③ Rubinetto di intercettazione o di ventilazione con albero flessibile
- ④ Emisfero
- ⑤ Impugnatura

Gli emisferi di Magdeburgo servono per dimostrare l'effetto della pressione atmosferica (esperimento storico di Otto von Guericke).

1. Norme di sicurezza

- Non tentare di separare gli emisferi facendo leva con un utensile dopo la creazione del vuoto.
- Non cercare di separare gli emisferi utilizzando corde o simili, poiché potrebbero trasformarsi in proiettili.
- Quando si introduce aria fra gli emisferi tenere saldamente l'apparecchiatura, in modo tale da evitare che gli emisferi cadano e si danneggino.
- Lasciare sufficiente spazio libero dietro le persone che tentano di separare le piastre di Magdeburgo.

2. Descrizione, caratteristiche tecniche

Due emisferi di plastica con impugnature e guarnizione di gomma incassata si uniscono a tenuta di vuoto. Un emisfero è dotato di rubinetto di intercettazione o di ventilazione e di attacco per il tubo. L'apparecchiatura è completata da un breve tubo.

Attacco per il vuoto:	8 mm
Diametro:	120 mm
Lunghezza tubo flessibile:	110 mm

3. Principio di funzionamento

La Terra è circondata da uno strato d'aria, l'atmosfera. Le molecole presenti nell'aria sono sottoposte, come tutta la materia in generale, alla forza di gravità e si concentrano quindi sulla superficie terrestre. La pressione atmosferica esercitata dalla massa d'aria è massima a livello del mare e diminuisce man mano che ci si allontana dalla superficie della Terra. Analogamente a quanto accade con i liquidi, la pressione dell'aria agisce uniformemente su tutte le parti di un corpo. In un corpo aperto la pressione interna e quella esterna si trovano sempre in equilibrio. Se la pressione interna è minore di quella esterna, lo stato di equilibrio si ricrea con l'introduzione di aria. Nel caso contrario, se la pressione interna è maggiore di quella esterna la compensazione avviene con la fuoriuscita d'aria. In un corpo chiuso la forza risultante dalla differenza fra la pressione interna e quella esterna agisce nel primo caso comprimendo la superficie del corpo e nel secondo caso esercitando una spinta verso l'esterno, portando il corpo ad esplodere.

Il fisico nonché borgomastro di Magdeburgo Otto von Guericke dimostrò per primo l'azione della pressione atmosferica. Iniziò a fare esperimenti sul vuoto intorno al 1650 e ottenne il suo risultato migliore durante un esperimento spettacolare condotto nel 1654 a Regensburg davanti all'imperatore Ferdinando III: gli emisferi di

Magdeburgo. Si trattava di due emisfere di rame del diametro di 42 cm, unite ermeticamente grazie a una striscia di pelle impregnata di olio e cera, dentro le quali Guericke aveva creato il vuoto. La pressione dell'aria premeva a tal punto le emisfere una contro l'altra che 16 cavalli non riuscirono a separarle.

4. Comandi

- Prima di eseguire l'esperimento verificare che la guarnizione di gomma sia nella corretta posizione e non presenti danni.
- Collegare l'emisfero dotato di rubinetto a una pompa e aprire il rubinetto.

- Collocare il secondo emisfero sul primo e premerli uno contro l'altro.
- Una seconda persona inizia a creare il vuoto.
- Dopo breve tempo (a seconda della portata della pompa) arrestare la pompa, chiudere il rubinetto e allentare l'attacco del tubo.
- Dimostrare l'azione della pressione atmosferica tirando gli emisferi.
- Dopo aver eseguito l'esperimento immettere aria nella sfera aprendo il rubinetto. Tenere saldamente gli emisferi per evitare che si danneggino cadendo.

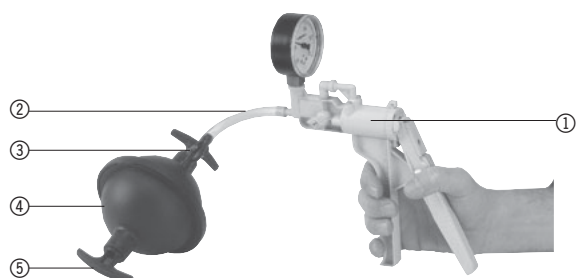
Dotazione supplementare necessaria:

1 pompa per vuoto (ad es. pompa manuale per vuoto U20500)

U30010 Semiesferas de Magdeburgo

Instrucciones de uso

7/03 ALF



- ① Bomba manual de vacío
- ② Manguera
- ③ Grifo de cierre y aireación con tubo flexible
- ④ Semiesfera
- ⑤ Empuñadura

Las esferas de Magdeburgo sirven para demostrar el efecto de la presión atmosférica (experimento histórico realizado por Otto von Guericke).

1. Aviso de seguridad

- No trate de separar las semiesferas evacuadas empleando alguna herramienta como palanca.
- No trate de separar las semiesferas usando cuerdas, o algún medio semejante, puesto que, en el momento de separarse, pueden dispararse como proyectiles.
- Al airear las semiesferas, sosténgalas para evitar el daño que podría producirse tras la caída de las semiesferas.
- Es necesario que exista suficiente espacio libre por detrás de las personas que intenten separar las semiesferas de Magdeburgo.

2. Descripción, datos técnicos

Se trata de dos semiesferas de plástico con empuñaduras y empaquetadura de goma en los bordes que se pueden acoplar creando el vacío entre ellas. Una de las semiesferas está provista de un grifo de cierre y de aireación. El equipo se completa con una manguera corta.

Conexión de vacío: 8 mm
 Diámetro: 120 mm
 Longitud de la manguera: 110 mm

3. Principio de funcionamiento

La tierra está cubierta por una capa de aire: la atmósfera. Tal como sucede con el resto de la materia, la fuerza de gravedad también atrae las moléculas de aire y, por tanto, éstas se concentran sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica, ejercida por la masa de aire que rodea la tierra, tiene su mayor valor al nivel del mar, y disminuye si aumenta la distancia con respecto a la superficie terrestre. De manera análoga al comportamiento de los fluidos, la presión atmosférica actúa homogéneamente sobre todos los lados de un cuerpo determinado. En un cuerpo que posea una cavidad abierta, existe siempre un equilibrio entre la presión externa e interna del aire. Si la presión interna se vuelve menor a la externa, fluirá aire hacia el interior, con lo que se restablecerá el equilibrio. También en el caso contrario, si la presión interna se torna mayor a la externa, se mantiene la misma tendencia de equilibrio puesto que el aire fluirá hacia el exterior. Si el cuerpo se encuentra cerrado, en el primer caso, la fuerza resultante de la diferencia de presión entre el exterior y el interior actúa sobre la superficie del cuerpo, apretándolo, y, en el segundo caso, se ejerce una presión hacia afuera, la cual tiende a provocar la explosión del cuerpo.

El físico y burgomaestre de Magdeburgo, Otto von Guericke, fue el primero en demostrar la acción de la presión atmosférica. Sus estudios sobre el vacío empezaron en 1650 y llegaron a la cima con el espectacular experimento del año 1654, realizado en Regensburg: Las

semiesferas de Magdeburgo, hecho que contó con la presencia del emperador Ferdinand III. Guericke evacuó dos semiesferas de cobre, de un diámetro de 42 cm, hermetizadas gracias a una junta formada por una correa de cuero impregnada de aceite y cera. El aire mantuvo unidas las semiesferas con tal fuerza que ni siquiera 16 caballos consiguieron separarlas.

4. Servicio

- Antes del experimento se debe comprobar que la junta de goma se encuentre en la posición correcta y que no presente daños.
- Conectar a una bomba la semiesfera en la que se encuentra el grifo y, a continuación, abrir el grifo.
- Colocar la segunda esfera sobre la primera y presionarlas.

- Una segunda persona debe iniciar el proceso de evacuación del aire.
- Detener la evacuación tras un tiempo breve (esto depende de la capacidad de absorción de la bomba empleada), cerrar el grifo y soltar la conexión de la manguera.
- Demostrar la acción de la presión atmosférica tirando de las semiesferas para tratar de separarlas.
- Al finalizar el experimento, se deben airear las semiesferas abriendo el grifo. Al hacerlo, se las debe sostener para evitar los daños que podrían sufrir tras una caída.

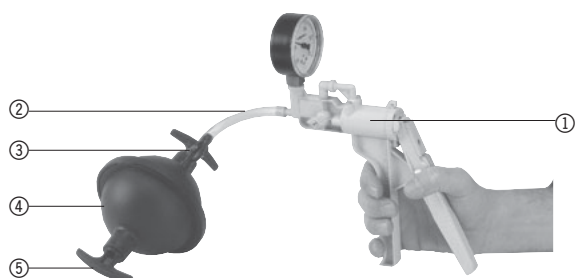
Se requiere adicionalmente:

1 bomba de vacío (por ejemplo, bomba manual de vacío U20500)

U30010 Hemisfério de Magdeburgo

Instruções para o uso

7/03 ALF



- ① Bomba manual de vácuo
- ② Mangueira
- ③ Torneira de bloqueio ou ventilação com conector para mangueira
- ④ Hemisfério
- ⑤ Punho

Os hemisférios de Magdeburgo servem para a demonstração da ação da pressão do ar atmosférico (experiência histórica segundo Otto von Guericke).

1. Indicações de segurança

- Não tentar separar os hemisférios evacuados por alavanca com alguma ferramenta.
- Não tentar separar os hemisférios com cordas ou semelhante, já que estas ao separar-se podem se tornar projéteis.
- Ao ventilar os hemisférios, segurar firmemente a aparelhagem de forma a evitar eventuais danos por queda dos hemisférios.
- Deve haver suficiente espaço livre detrás das pessoas que tentam separar os hemisférios de Magdeburgo.

2. Descrição, dados técnicos

Dois hemisférios de matéria plástica com alças e anel de vedação integrado podem ser juntos hermeticamente retendo o vácuo. Um dos hemisférios está equipado com uma torneira de bloqueio ou ventilação e conector para mangueira. Uma curta mangueira completa a aparelhagem.

Conexão ao vácuo:	8 mm
Diâmetro:	120 mm
Comprimento da mangueira:	110 mm

3. Princípios de funcionamento

A terra está envolta de uma camada de ar, a atmosfera. Como qualquer outra matéria, as moléculas de ar estão sujeitas à força de gravidade e concentram-se por isso na superfície da terra. A pressão atmosférica produzida pela massa de ar é maior ao nível do mar e diminui quanto maior a distância da superfície terrestre. De forma análoga aos líquidos, a pressão do ar age sobre um corpo uniformemente por todos os lados. Num corpo aberto existe sempre equilíbrio entre a pressão interna e externa. Sendo a pressão interna menor do que a externa, o estado de equilíbrio é restabelecido por absorção de ar. Também no caso contrário, quando a pressão interna é maior do que a externa, existe a mesma tendência por exaustão de massa. Tratando-se de um corpo fechado, a força resultante da diferença de pressão interna e externa age sobre a superfície do corpo e tende, no primeiro caso, a amassa-lo, e no segundo caso dirigida para fora a leva-lo a explodir.

O físico e burgomestre de Magdeburgo Otto von Guericke foi o primeiro a demonstrar o efeito da pressão atmosférica do ar. Os seus ensaios de vácuo começaram a volta de 1650 e chegam ao seu ápice numa experiência espectacular frente ao Imperador Ferdinand III em 1654 em Regensburg: os hemisférios de Magdeburgo. Para isso, Guericke evacuou dois hemisférios de 42 cm juntos e vedados com tiras de couro embebidas em óleo e cera. O ar pressionava os dois hemisférios um contra o outro

com tal força que nem mesmo a potência de 16 cavalos foi capaz de separá-los.

4. Utilização

- Antes de iniciar a experiência, verificar se o anel de borracha de vedação está bem colocado e controlar se há eventuais danos.
- Conectar o hemisfério a uma bomba pela torneira, logo abrir a torneira.
- Colocar o segundo hemisfério sobre o primeiro e pressionar um contra o outro.
- Uma segunda pessoa inicia o processo de evacuação.

- Após um curto espaço de tempo (dependendo do desempenho da bomba) parar o bombeio, fechar a torneira e soltar a mangueira de conexão.
- Demonstrar o efeito da pressão atmosférica do ar puxando os hemisférios.
- Após a experiência, ventilar a esfera abrindo a torneira. Ao fazer isto, segurar os hemisférios de forma a evitar danos ocasionados por uma eventual queda.

Adicionalmente necessário:

1 bomba de vácuo (por exemplo, a bomba manual de vácuo U20500)