

U10360 Wurfgerät

U10361 Halter für Wurfgerät

Bedienungsanleitung

9/04 MH

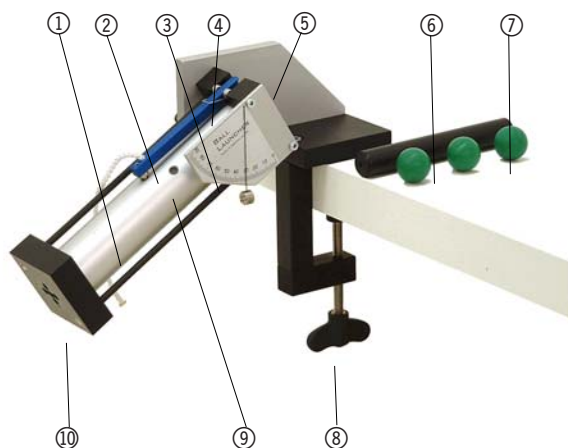


Fig. 1: Komponenten

- ① Lauf mit innenliegender Wurfmechanik
- ② Abzugshebel mit Schnur
- ③ Winkelskala
- ④ Mündung
- ⑤ Halter für Wurfgerät (U10361)
- ⑥ Ladestock
- ⑦ Kunststoffkugel 3x
- ⑧ Feststellschraube
- ⑨ Beobachtungsbohrung 3x
- ⑩ Endkappe
- ⑪ Rändelschraube M8x20 mit Kunststoffscheibe zur Befestigung des Wurfgerätes am Halter (nicht sichtbar)

1. Sicherheitshinweise

- Zum Überprüfen, ob sich eine Kugel im Wurfgerät befindet und die Feder gespannt ist, sind ausschließlich die Beobachtungsbohrungen ⑨ zu nutzen. Es ist verboten, von vorn in die Mündung ④ zu sehen. Verletzungsgefahr!
- Niemals auf Menschen zielen!
- Während der Versuche ist eine Schutzbrille zu tragen.
- Das Wurfgerät immer mit entspannter Feder und ohne Kugel im Lauf lagern.
- Um ein Gefühl für die Wurfenergie zu erhalten kann eine Hand kurz vor die Mündung gehalten werden und ein Wurf in die Hand erfolgen. Die Energie ist relativ gering (wenn eine der Kunststoffkugeln von Hand 5 m weit geworfen wird passiert normalerweise auch nichts).

2. Beschreibung, technische Daten

- Das Wurfgerät dient zur experimentellen Bestimmung der Wurfparabel beim horizontalen oder schiefen Wurf. Es können Winkel zwischen 0° und 90° eingestellt werden. Weiterhin können durch Variation der Federspannung 3 verschiedene Abwurfgeschwindigkeiten realisiert werden, die zu Wurfweiten von ca. 1,1 m, 2,3 m und 4,5 m bei 45° Abschusswinkel führen.

- Durch eindeutige Rastpunkte bei der Spannung der Feder ist die Reproduzierbarkeit sehr hoch. Die Standardabweichung der Wurfweiten-Messwerte liegt bei 45° Abschusswinkel unter 1%.
- Da die Befestigung des Wurfgerätes so erfolgt, dass die Drehachse der Winkelverstellung durch den Kugelmittelpunkt beim Abwurf geht, ist die Abwurfhöhe unabhängig vom Abwurfinkel.

3. Bedienung und Wartung

- Das Wurfgerät kann an den Halter U10361 oder das ballistische Pendel U10362 montiert werden. Hier wird nur der Halter beschrieben - für das ballistische Pendel ist eine eigenständige Bedienungsanleitung verfügbar.
- Der Halter U10361 wird mit der Tischklemme an eine stabile Arbeitsplatte geschraubt. Dann wird das Wurfgerät wie in Fig. 1 gezeigt an dem Halter befestigt, wobei der Abwurfinkel unter Zuhilfenahme der Skala ③ eingestellt werden kann.
- Das Laden mit einer Kugel erfolgt immer bei entspannter Feder, indem die Kugel lose in den vorderen Teil des inneren Kunststoffzylinders gelegt wird. Danach wird die Kugel mit dem Ladestock in den Lauf geschoben, bis die gewünschte Federspannung erreicht ist. Das Herausziehen des Ladestocks sollte nicht zu

schnell erfolgen, da andernfalls der entstehende Sog die Kugel mitreißen könnte. Eine Kontrolle der Kugelposition darf nur durch die seitlichen Beobachtungsbohrungen erfolgen. Nie in den Lauf blicken!

- Vor dem Abwurf ist sicherzustellen, dass sich keine Personen in der Flugbahn befinden. Zum Abwurf wird kurz an der Schnur des Abzugshebels gezogen, wobei der Zug etwa senkrecht zum Hebel erfolgen sollte.
- Das Wurfgerät ist wartungsfrei und darf nicht geölt oder sonstwie verschmutzt werden. Außer im Bereich der Skala kann es ggf. mit Aceton, Ethanol (Spiritus) oder Waschbenzin gereinigt werden. Das Eintauchen in Wasser ist zu vermeiden, da die Feder rosten kann.
- Die Winkelskala kann – z. B. nach einer Demontage des Wurfgerätes – kalibriert werden. Dazu wird das Wurfgerät in eine senkrechte (90°) Position gebracht und beobachtet, ob eine vertikal abgeschossene Kugel zurück in die Mündung fällt (zur Vermeidung von Beschädigungen an der Kugel beim Auftreffen auf scharfe Kanten sollte die Kugel kurz oberhalb der Mündung mit der Hand aufgefangen werden). Wenn die Kugel nicht richtig auftrifft, wird der Abwurfwinkel korrigiert und ein neuer Versuch gestartet. Nachdem auf diese Weise die exakt senkrechte Position gefunden ist, werden die Befestigungsschrauben der Skala leicht gelöst, die Skala bis zur 90° Anzeige gedreht und wieder festgeschraubt.
- Die Aufbewahrung des Wurfgerätes sollte bei entspannter Feder und nur lose angezogener Rändelschraube ⑪ erfolgen.

4. Versuchsdurchführung und Auswertung

4.1 Versuchsaufbau

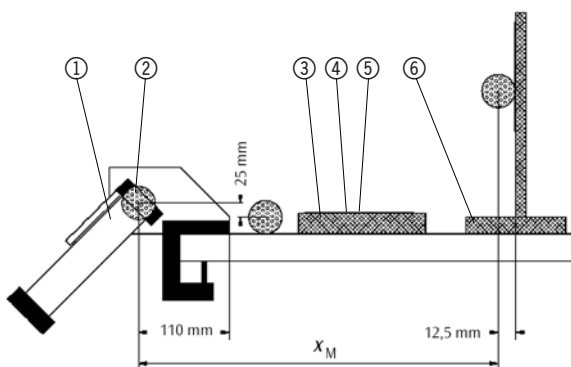


Fig. 2: Versuchsaufbau, Legende: ① Wurfgerät, ② Abwurfposition der Kugel, ③ Buch oder Brett etc. 25 mm hoch, ④ Papier, ⑤ Kohlepapier, ⑥ z. B. Tafelhalter mit Weißwandtafel

- Ein möglicher Versuchsaufbau ist in Fig. 2 schematisch (nicht maßstabsgerecht) dargestellt. Wenn die Kugel direkt auf der Arbeitsplatte landet, ist eine Abwurfhöhe von $y_0 = 2,5$ cm zu berücksichtigen.

- Beim Wurf gegen eine vertikale Wand (z.B. Weißwandtafel U10030 an Tafelhalter U10381 montiert) ist von der horizontalen Entfernung „Abwurfpunkt bis Wand“ der Kugelradius (1,25 cm) abzuziehen, um den Entfernungsmesswert x_M zu erhalten. Der Höhenmesswert y_M ergibt sich aus der Entfernung „Aufreffpunkt an der Wand bis Tischplatte“ abzüglich 3,75 cm.

4.2 Versuchsdurchführung

- Es ist zweckmäßig, bei den Versuchen die Versuchsnummer, die Federspannung (1, 2 oder 3), den Abwurfwinkel sowie die Werte x_M und y_M zu notieren. Beispiel:

Nr.	Feder- spannung	Abwurf- winkel $\varphi / ^\circ$	Wurfweite x_M / m	Zielhöhe y_M / m
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

4.3 Versuchsauswertung

- Der Ursprung des Koordinatensystems wird zweckmäßigerweise in den Kugelmittelpunkt beim Abwurf gelegt. Dann gilt:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- Aus Gl. 4 folgt direkt $t = x / v_x$, womit die Zeit in Gl. 3 eliminiert werden kann.
- Werden in der so erhaltenen Gleichung noch die Größen v_x und v_y unter Verwendung der Gln. 1 und 2 eliminiert, ergibt sich mit

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5)$$

die Gleichung der Wurfparabel. In dieser Gleichung ist nur noch die Anfangsgeschwindigkeit v_0 unbekannt, da in den Versuchen die Wege x und y gemessen wurden. Wird v_0 für die verschiedenen Versuche bestimmt ergibt sich:

Nr.	v_0 in m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- Die Abwurfgeschwindigkeit bei der kleinsten Feder-
spannung beträgt also etwa 3,37 m/s. Mit diesem Wert
kann jetzt die Wurfparabel nach Gl. 5 berechnet und
den einzelnen Messwerten gegenübergestellt werden.
Das Ergebnis ist in Fig. 3 dargestellt.

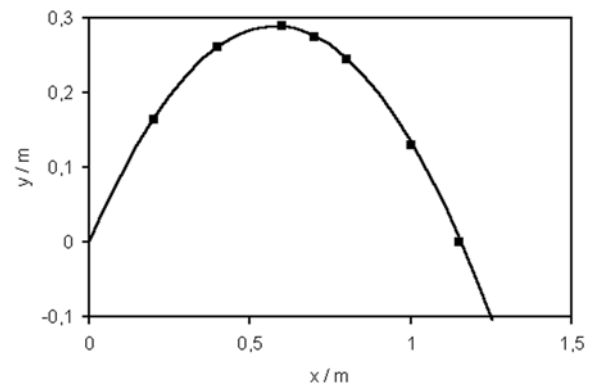


Fig. 3: Messwerte und Berechnung im Vergleich, x = Flugweite, y = Flughöhe, Symbole = Messwerte, Linie = Gleichung 5

U10360 Projectile launcher U10361 Holder for projectile

Instruction sheet

9/04 MH

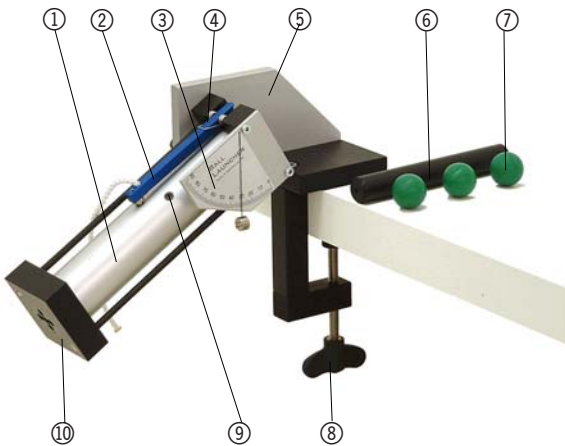


Fig. 1: Components

- ① Barrel with internal launching mechanism
- ② Launching lever with cord
- ③ Angle scale
- ④ Aperture
- ⑤ Holder for projectile launcher (650275)
- ⑥ Ramrod
- ⑦ Plastic spheres 3x
- ⑧ Securing screw
- ⑨ Observation hole 3x
- ⑩ End cap
- ⑪ M8x20 knurled screw with plastic disc for securing projectile launcher to holder (not visible)

1. Safety instructions

- To check whether there is a projectile in the launcher and the spring is cocked, the observation holes ⑨ should be used exclusively. It is forbidden to look through the launch aperture ④ since there is a risk of injury!
- Never aim at people!
- Wear protective goggles when performing experiments.
- Always ensure the spring is not under tension and no projectile is present in the launcher while it is being stored.
- In order to gain an impression of the projectile energy, a hand can be placed over the aperture and a projectile fired at it. The energy is relatively small (usually there is no danger if a plastic sphere is thrown 5 m by hand, either).

2. Description, technical data

- The projectile launcher is for experimentally determining ballistic trajectories when a projectile is launched either horizontally or at an angle. Angles between 0° and 90° may be selected. Varying the tension in the spring can also enable 3 different launch velocities to be chosen. The three settings propel the projectile approximately 1.1 m, 2.3 m and 4.5 m when the launch angle is 45°.

- Clear ratchet points means that the spring tensions are highly reproducible. The standard deviation of the trajectory ranges for a launch angle of 45° is less than 1%.
- Since the projectile launcher is so secured that the axis about which the barrel is rotated to set the angle coincides with the center of the projectile as it leaves the barrel, the launch height is independent of the launch angle.

3. Operation and maintenance

- The projectile launcher can be mounted on its holder U10361 or on the ballistic pendulum U10362. In this case only the holder is described. A separate instruction sheet is available for the ballistic pendulum.
- Holder U10361 is screwed by means of its clamp to a stable working surface. Then the launcher is attached to the holder as shown in Fig. 1. The launch angle can be adjusted with the help of the angle scale ③.
- Projectiles should always be loaded when the spring is not under tension by placing the sphere in loosely through the front of the plastic cylinder within the device. The sphere is then pushed down inside the barrel using the ramrod until the desired spring tension has been reached. The ram-

rod should not be removed too quickly, otherwise the suction its removal produces may pull the sphere out with it. The position of the sphere may only be checked using the observation holes. Never look into the barrel!

- Before launching, ensure that no one is in the way of the trajectory. To launch, the cord of the launching lever is given a short pull perpendicular to the lever.
- The projectile launcher requires no maintenance and may not be oiled or otherwise made dirty. It may be cleaned using acetone, ethanol (white spirit) or petroleum ether except in the vicinity of the angle scale. Avoid dipping the equipment in water since this may cause the spring to rust.
- The angle scale can be calibrated, for example, after dismantling the projectile launcher. To do this, the launcher is placed in a vertical position (90°) and it should be observed whether a projectile launched directly upwards like this falls straight back into the aperture of the barrel (in order that the projectile is not damaged by hitting sharp edges, it should be stopped by hand after a short distance). If the sphere does not fall directly back into the barrel, the launch angle should be corrected and another experiment attempted. Once the precise vertical position is found by this means, the securing screws for the scale can be loosened slightly and the scale adjusted so that it shows 90°, then it is secured firmly once again.
- The projectile launcher should be stored with the spring loose and the knurled screw ① only slightly tightened.

4. Experiment procedure and evaluation

4.1 Experiment setup

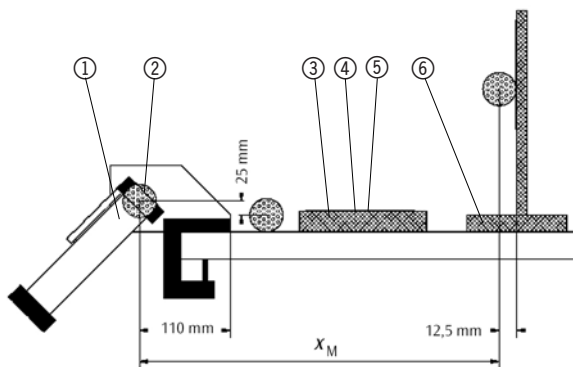


Fig. 2: Experiment setup, key: ① Projectile launcher, ② Launch position of projectile, ③ Book or board etc. 25 mm high, ④ Paper, ⑤ Carbon paper, ⑥ e.g. Easel with whiteboard

- One possible experiment setup is shown schematically in Fig. 2 (not to scale). If the projectile is to land directly on the board (or book), it should

be noted that the launch height is $y_0 = 2.5$ cm.

- When launching against a vertical wall, (e.g. whiteboard U10030 mounted on easel U10381) the radius of the projectile sphere (1.25 cm) should be subtracted from the horizontal distance from the “launch point to the wall” to obtain the distance measurement x_M . The height measurement y_M is derived from the distance of the “point of impact on the wall to the table top” minus 3.75 cm (2.5 + 1.25).

4.2 Experiment procedure

- It is practical when performing experiments to note the experiment number, the spring tension (1, 2 or 3), the launch angle and the values x_M and y_M . Example:

No.	Spring tension	Launch angle $\varphi / ^\circ$	Projectile distance x_M / m	Target height y_M / m
1	1	45	0.20	0.166
2	1	45	0.40	0.262
3	1	45	0.60	0.293
4	1	45	0.70	0.274
5	1	45	0.80	0.244
6	1	45	1.00	0.126
7	1	45	1.14	0.0
8	2	45	2.34	0.0
9	3	45	4.60	0.0

4.3 Experimental evaluation

- It is practical to select the origin of the coordinate system to coincide with the mid-point of the projectile as it exits the barrel. Then:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- From Eq. 4 it follows that $t = x / v_x$, where time can be canceled out using Eq. 3
- If the values v_x and v_y are eliminated from the resulting equation using Eqs. 1 and 2 then

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5)$$

emerges as the equation for the trajectory of the projectile. In this equation, only the initial launch velocity v_0 is unknown, since distances x and y have been measured during the course of the experiments. If v_0 is calculated for each of the experiments, the results are as follows:

No.	v_0 in m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- The launch velocity for the lowest spring tension is therefore approximately 3.37 m/s. This means the trajectory can be calculated using Eq. 5 and the individual measurements plotted against one another. The result is shown in Fig. 3.

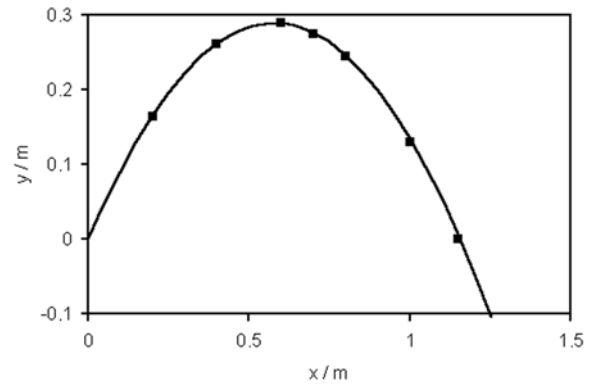


Fig. 3: Comparison of measurements and calculated curve, x = horizontal projectile distance, y = vertical height, symbols = measured values, line = Equation 5

U10360 Ejecteur

U10361 Support pour éjecteur

Instructions d'utilisation

9/04 MH

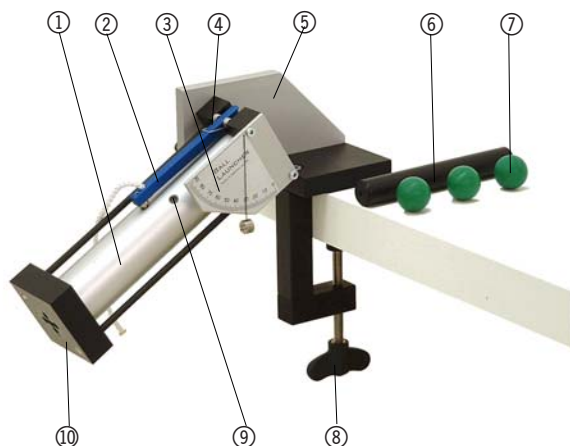


Fig. 1 : Composants

- ① Rampe à mécanisme d'éjection intérieur
- ② Levier de détente à cordon
- ③ Graduation angulaire
- ④ Bouche
- ⑤ Support pour éjecteur (650275)
- ⑥ Bourroir
- ⑦ Boules en plastique (3)
- ⑧ Vis de serrage
- ⑨ Trou d'observation (3)
- ⑩ Chape
- ⑪ Vis moletée M8x20 avec plaque en plastique pour fixer l'éjecteur au support (non visible)

1. Consignes de sécurité

- Pour vérifier si une boule se trouve dans l'éjecteur et que le ressort est tendu, se servir uniquement des trous d'observation ⑨. Il est interdit de regarder dans la bouche ④ par l'avant. Risque de blessure !
- Ne jamais viser sur des gens !
- Pendant les expériences, porter des lunettes de protection.
- Avant de ranger l'éjecteur, détendre toujours le ressort et retirer les boules de la rampe.
- Pour avoir une idée de l'énergie d'éjection, on peut éjecter une boule après avoir placé la main devant la bouche. L'énergie est relativement faible (normalement, si l'une des boules en plastique est lancée à la main à une distance de 5 m, il ne se passera rien).

2. Description, caractéristiques techniques

- L'éjecteur permet de déterminer par l'expérience la parabole d'une éjection horizontale ou inclinée. On peut régler un angle entre 0 et 90°. Par ailleurs, en modifiant la tension du ressort, on peut ajuster trois vitesses d'éjection différentes qui, avec un angle d'éjection de 45°, atteignent des portées d'env. 1,1 m, 2,3 m et 4,5 m.
- Grâce à des points d'ancrage précis pour la tension du ressort, la reproductibilité est fort élevée. L'écart

standard des mesures de portée est inférieur à 1% dans un angle de 45°.

- Comme la fixation de l'éjecteur est telle que l'axe de pivotement du réglage angulaire traverse le centre de la boule lors de l'éjection, la hauteur d'éjection dépend de l'angle d'éjection.

3. Manipulation et entretien

- L'éjecteur peut être monté sur le support U10361 ou sur le pendule balistique U10362. Ici, nous ne décrivons que le support, un manuel d'utilisation particulier étant disponible pour le pendule balistique.
- Le support U10361 est vissé à une fixation de travail stable à l'aide de la bride de fixation. Puis, comme le montre la figure 1, l'éjecteur est fixé au support, l'angle d'éjection pouvant être ajusté à l'aide de la graduation ④.
- Avant de charger une boule, vérifier toujours que le ressort est détendu. Puis, placer la boule dans la partie avant du cylindre intérieur en plastique. Pousser la boule avec le bourroir dans la rampe, jusqu'à ce que la tension désirée du ressort soit obtenue. Ne pas retirer le bourroir trop rapidement, l'aspiration qui en résulterait risquant sinon d'entraîner la boule. Contrôler la position de la boule uniquement à travers les trous latéraux. Ne jamais regarder dans la rampe !

- Avant l'éjection, vérifier que personne ne se trouve sur la trajectoire de la boule. Puis, tirer brièvement sur le cordon du levier de détente, en veillant à tirer à peu près perpendiculairement au levier.
- L'éjecteur ne nécessite aucun entretien et ne doit pas être huilé ni être sali de quelque autre manière que ce soit. Le cas échéant, il peut être nettoyé avec de l'acétone, de l'éthanol ou de la ligroïne (sauf dans le domaine de la graduation). Éviter de le plonger dans de l'eau, le ressort risquant sinon de rouiller.
- La graduation angulaire peut être calibrée, par ex. après démontage de l'éjecteur. Pour cela, placer l'éjecteur dans une position verticale (90°) et observer si une boule éjectée verticalement retombe dans la rampe (pour éviter que la boule ne soit endommagée si elle touche des bords tranchants, il est recommandé de la rattraper avec la main juste avant qu'elle ne retombe dans la bouche). Si la boule ne retombe pas correctement, corriger l'angle d'éjection et lancer une nouvelle tentative. Après avoir défini de cette manière la position verticale exacte, desserrer légèrement les vis de fixation de la graduation, tourner celle-ci dans un angle de 90°, puis la resserrer.
- Avant de ranger l'éjecteur, vérifier que le ressort est détendu et que la vis moletée ① n'est serré que légèrement.

4. Réalisation et évaluation des expériences

4.1 Montage de l'expérience

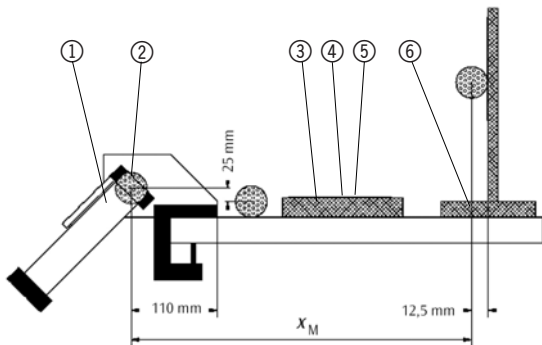


Fig. 2 : Montage de l'expérience, légende : ① éjecteur, ② position de lancement de la boule, ③ livre ou planche, etc., de 25 mm de haut, ④ papier, ⑤ papier carbone, ⑥ par ex. tableau blanc avec support

- Un montage possible de l'expérience est représenté schématiquement dans la figure 2 (l'échelle n'est pas tout à fait exacte). Si la boule retombe directement sur la plaque de travail, tenir compte d'une hauteur d'éjection de $y_0 = 2,5$ cm.

- En cas d'éjection contre un mur vertical (par ex. un tableau blanc U10030 monté sur le support U10381), déduire le rayon de la boule (1,25 cm) de l'écart horizontal entre le point d'éjection et le mur, pour obtenir la distance x_M . La hauteur y_M résulte de l'écart entre le point d'impact au mur et la plaque de la table, moins 3,75 cm.

4.2 Réalisation de l'expérience

- Lors des expériences, il est conseillé de noter le numéro de l'expérience, la tension du ressort (1, 2 ou 3), l'angle d'éjection ainsi que les valeurs x_M et y_M . Exemple :

N°	Tension de ressort	Angle d'éjection $\varphi / ^\circ$	Portée x_M / m	Hauteur cible y_M / m
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

4.3 Évaluation de l'expérience

- Pour des raisons pratiques, la source des coordonnées est placée au centre de la boule au moment de l'éjection. On a alors les équations suivantes :

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- L'équation engendre directement $t = x / v_x$, ce qui permet d'éliminer le temps dans l'équation 3.
- Si l'on écarte encore dans l'équation ainsi obtenue les grandeurs v_x et v_y en employant les équations 1 et 2, on obtient :

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5)$$

l'équation de la parabole d'éjection. Dans cette équation, seule est encore inconnue la vitesse initiale v_0 , car les parcours x et y ont été mesurés au cours des expériences. Si l'on détermine v_0 pour les différentes expériences, on obtient :

N°	v_0 en m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- La vitesse d'éjection avec la plus petite tension de ressort s'élève donc à env. 3,37 m/s. Cette valeur permet à présent de calculer la parabole d'éjection d'après l'équation 5 et de la comparer aux différentes valeurs mesurées. Le résultat est illustré dans la figure 3.

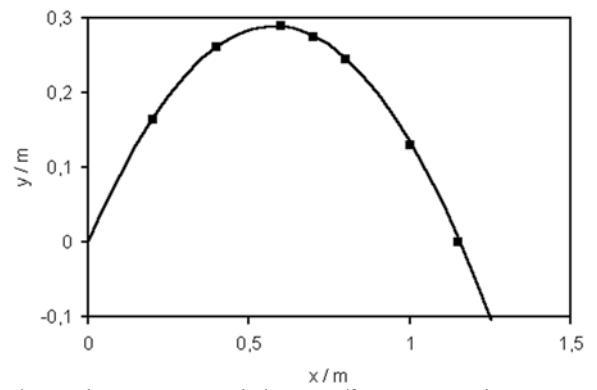


Fig. 3 : Valeurs mesurées et calcul comparatif, x = portée, y = hauteur, symboles = valeurs mesurées, ligne = équation 5

U10360 Apparecchio di lancio

U10361 Supporto per apparecchio di lancio

Istruzioni per l'uso

9/04 MH

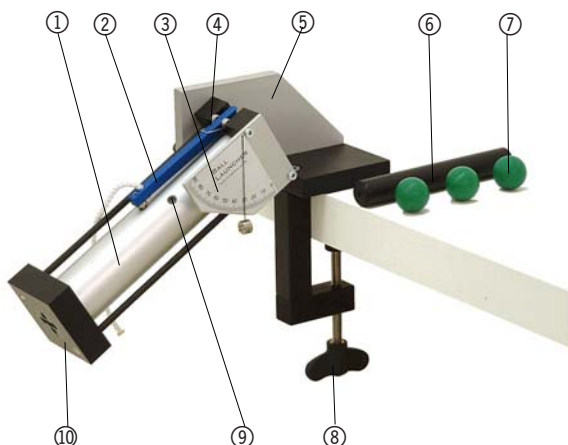


Fig. 1: componenti

- ① Canna con meccanica di lancio interna
- ② Leva di scatto con corda
- ③ Scala angolare
- ④ Bocca
- ⑤ Supporto per apparecchio di lancio (650275)
- ⑥ Piano di carico
- ⑦ 3 sfere di plastica
- ⑧ Vite di bloccaggio
- ⑨ 3 fori di osservazione
- ⑩ Cappuccio terminale
- ⑪ Vite a testa zigrinata M8x20 con rondella di plastica per il fissaggio dell'apparecchio di lancio sul supporto (non visibile)

1. Avvertenze per la sicurezza

- Per verificare se nell'apparecchio di lancio è presente una sfera e se la molla è in tensione, devono essere utilizzati esclusivamente i fori di osservazione ⑨. È vietato guardare dal davanti nella bocca ④. Pericolo di lesioni!
- Non puntare mai l'apparecchio verso le persone!
- Durante gli esperimenti indossare occhiali protettivi.
- Riporre sempre l'apparecchio di lancio con la molla priva di tensione e senza sfera nella canna.
- Per farsi un'idea dell'energia di lancio può essere messa per alcuni istanti una mano in prossimità della bocca ed effettuare un lancio sulla mano. L'energia è relativamente ridotta (se una delle sfere di plastica viene lanciata mano a una distanza di 5 m, di norma non succede nulla).

2. Descrizione, dati tecnici

- L'apparecchio di lancio serve per la determinazione sperimentale della parabola di lancio con un lancio orizzontale o inclinato. È possibile impostare angoli compresi tra 0° e 90°. Inoltre, variando il tensionamento della molla, possono essere realizzate 3 diverse velocità di lancio, che determinano gittate di circa 1,1 m, 2,3 m e 4,5 m con un angolo di lancio di 45°.
- Grazie a chiari punti di arresto nel tensionamento della molla la riproducibilità è molto elevata. La

deviazione standard dei valori misurati delle gittate è inferiore all'1% con un angolo di lancio di 45°.

- Poiché l'apparecchio di lancio viene fissato in modo che l'asse di rotazione della regolazione angolare passi attraverso il centro della sfera durante il lancio, l'altezza di lancio non dipende dall'angolo di lancio.

3. Uso e manutenzione

- L'apparecchio di lancio può essere montato sul supporto U10361 o sul pendolo balistico U10362. Qui viene descritto solo il supporto (per il pendolo balistico sono disponibili istruzioni per l'uso a parte).
- Il supporto U10361 viene avvitato con il morsetto da tavolo su un piano di lavoro stabile. Quindi l'apparecchio di lancio viene fissato al supporto, come mostrato in fig. 1, così che e l'angolo di lancio può essere impostato con l'ausilio della scala ③.
- Il caricamento di una sfera avviene sempre a molla priva di tensione, collocando la singola sfera nella parte anteriore del cilindro interno di plastica. Successivamente la sfera viene spinta nella canna con il piano di carico fino al raggiungimento del tensionamento della molla desiderato. È consigliato non estrarre troppo rapidamente il piano di carico, poiché altrimenti il risucchio che si forma potrebbe trascinare con sé la sfera. Un controllo della posizione della sfera può essere eseguito solamen-

te mediante i fori di osservazione laterali. Non guardare mai nella canna!

- Prima del lancio accertarsi che non si trovino persone nella traiettoria. Per il lancio tirare brevemente la corda della leva di scatto, in tal modo il tiro dovrebbe risultare indicativamente verticale rispetto alla leva.
- L'apparecchio di lancio non richiede manutenzione e non deve essere oliato o diversamente imbrattato. Fatta eccezione per la zona della scala, può essere pulito, se necessario, con acetone, etanolo (alcool) o benzina solvente. Evitare di immergerlo in acqua, poiché la molla può arrugginarsi.
- La scala angolare può essere calibrata, ad es. dopo uno smontaggio dell'apparecchio di lancio. A tale scopo l'apparecchio di lancio viene portato in posizione verticale (90°) e si osserva, se una sfera lanciata verticalmente ricade nella bocca (per evitare danneggiamenti alla sfera mentre fuoriesce dai bordi affilati, la sfera dovrebbe essere raccolta appena sopra la bocca con la mano). Se la sfera non esce correttamente, l'angolo di lancio viene corretto e viene avviato un nuovo esperimento. Dopo che in tal modo è stata trovata la posizione verticale esatta, le viti di fissaggio della scala vengono leggermente allentate, la scala viene ruotata fino all'indicazione dei 90° e viene di nuovo avvitata saldamente.
- La conservazione dell'apparecchio di lancio dovrebbe avvenire con molla priva di tensione e vite a testa zigrinata avvitate solo leggermente ⑪.

4. Esecuzione dell'esperimento e analisi

4.1 Struttura dell'esperimento

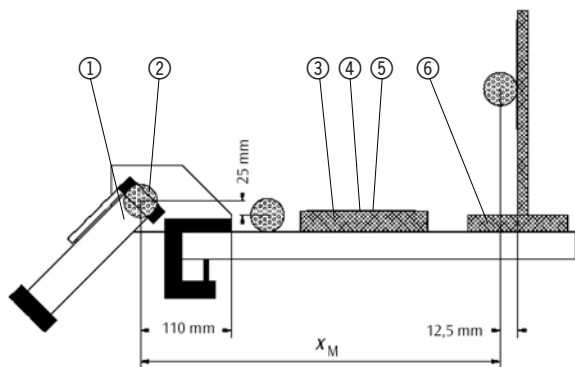


Fig. 2: Struttura dell'esperimento, legenda: ① apparecchio di lancio, ② posizione di lancio della sfera, ③ libro o asse, ecc. con altezza di 25 mm, ④ foglio, ⑤ carta carbone, ⑥ ad es. supporto per lavagna con lavagna bianca da parete

- Una possibile struttura dell'esperimento è rappresentata schematicamente in fig. 2 (non in scala). Se la sfera arriva direttamente sul piano di lavoro, rispettare un'altezza di lancio di $y_0 = 2,5$ cm.
- In caso di lancio contro una parete verticale (ad es. lavagna bianca da parete U10030 montata sul sup-

porto per lavagna U10381), dalla distanza orizzontale "punto di lancio fino alla parete" deve essere sottratto il raggio della sfera (1,25 cm) per ottenere il valore misurato della distanza x_M . Il valore misurato dell'altezza y_M si ottiene dalla distanza "punto di impatto sulla parete" meno 3,75 cm.

4.2 Esecuzione dell'esperimento

- È opportuno annotare durante gli esperimenti il numero dell'esperimento, il tensionamento della molla (1, 2 o 3), l'angolo di lancio e i valori x_M e y_M . Esempio:

N.	Tensionamento molla	Angolo di lancio $\varphi / ^\circ$	Gittata x_M / m	Altezza bersaglio y_M / m
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

4.3 Analisi dell'esperimento

- L'origine del sistema di coordinate viene opportunamente posizionata al centro della sfera durante il lancio. Quindi vale:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- Dall'equazione 4 deriva direttamente $t = x / v_x$, con cui può essere eliminato il tempo presente nell'equazione 3.
- Se nell'equazione così ottenuta vengono eliminate anche le grandezze v_x e v_y utilizzando le equazioni 1 e 2, si ottiene con

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5),$$

l'equazione della parabola di lancio. In questa equazione non si conosce tuttavia la velocità iniziale v_0 , poiché negli esperimenti sono stati misurati i percorsi x e y . Se v_0 viene determinata per i diversi esperimenti, si ottiene:

N°	v_0 in m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- La velocità di lancio ammonta, in caso di tensionamento minimo della molla, a circa 3,37 m/s. Con questo valore può ora essere calcolata la parabola di lancio in base all'equazione 5 ed essere messa a confronto con i singoli valori misurati. Il risultato è rappresentato nella fig. 3.

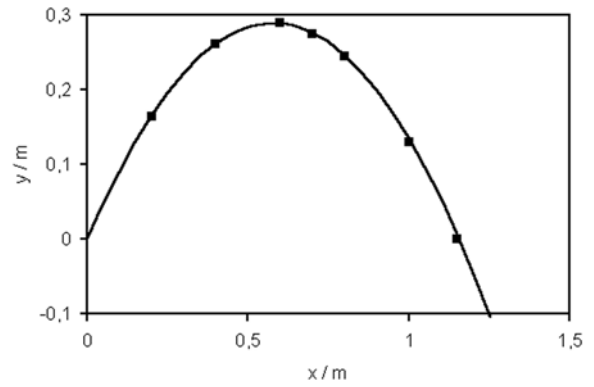


Fig. 3: Valori misurati e calcolo comparativo, x = ampiezza di lancio, y = altezza di lancio, simboli = valori misurati, linea = equazione 5

U10360 Equipo de lanzamiento

U10361 Soporte para el equipo de lanzamiento

Instrucciones de uso

9/04 MH

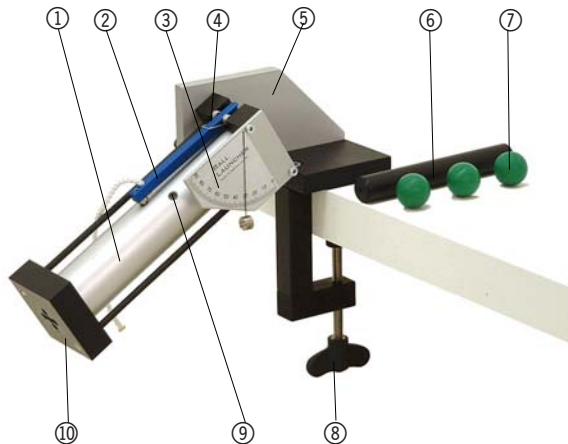


Fig. 1: Componentes

- ① Cuello con mecánica de lanzamiento interior
- ② Gatillo con cordón
- ③ Escala angular
- ④ Boca
- ⑤ Soporte para el equipo de lanzamiento (650275)
- ⑥ Barra de carga
- ⑦ 3 bolas de plástico
- ⑧ Tornillo de ajuste
- ⑨ 3 agujeros de observación
- ⑩ Cubierta posterior
- ⑪ Tornillos moleteados M8x20, con arandela de plástico, para fijación del equipo de lanzamiento al soporte (no visible)

1. Aviso de seguridad

- Para comprobar si una bola se encuentra dentro del equipo de lanzamiento y el muelle está tensado, se deben emplear únicamente los agujeros de observación ⑨. Se prohíbe mirar de frente en la boca de disparo ④. ¡Peligro de heridas!
- ¡Jamás se debe apuntar a personas!
- Durante los experimentos, se debe llevar gafas de protección.
- El equipo de lanzamiento se debe almacenar con el muelle no tensado y sin bola en el interior del cuello.
- Para obtener una idea de la energía de lanzamiento, se puede mantener una mano muy cerca de la boca de disparo para realizar un lanzamiento. La energía es relativamente pequeña (si se lanza manualmente una bola de plástico a una distancia de 5 m tampoco pasaría normalmente nada).

2. Descripción, datos técnicos

- El equipo de lanzamiento sirve para la determinación experimental de la parábola de lanzamiento descrita tras lanzamientos horizontales u oblicuos. Se pueden ajustar ángulos entre 0° y 90°. Además, por medio de la variación de la tensión del muelle, se pueden alcanzar 3 diferentes velocidades de lanzamiento que conllevan a disparos de aprox. 1,1 m, 2,3 m y 4,5 m, con ángulos de 45°.

- Gracias a puntos de enclave claros, dispuestos para la tensión del muelle, la reproducibilidad es muy elevada. La desviación estándar de los valores medidos de distancia de lanzamiento, con un ángulo de 45°, se encuentra por debajo de 1%.
- Dado que la fijación del equipo se realiza de manera que el eje de giro del ajuste angular pase por el centro de la bola durante el lanzamiento, la altura de lanzamiento es independiente del ángulo.

3. Servicio y mantenimiento

- Este equipo se puede montar en el soporte U10361 ó en el péndulo balístico U10362. Aquí sólo se describe el soporte puesto que para el péndulo balístico se dispone de un manual de instrucciones propio.
- El soporte U10361 se atornilla, por medio de la abrazadera de mesa, a una superficie de trabajo estable. A continuación, como se muestra en la Fig. 1, el equipo de lanzamiento se fija al soporte, para lo cual el ángulo de lanzamiento se puede ajustar con ayuda de la escala ③.
- Cuando se carga una bola, el muelle debe encontrarse siempre libre de tensión: la bola se suelta en la parte interior del cilindro de plástico. A continuación, se empuja la bola hacia dentro del cuello, con la barra de carga, hasta que se alcance la tensión de muelle deseada. La barra de carga no se debe retirar muy

rápido, puesto que de otra manera, la absorción producida podría arrastrar consigo la bola. Un control de la posición de la bola sólo se debe realizar por medio de los agujeros laterales de observación. ¡Jamás se debe mirar dentro del cuello!

- Antes de realizar el disparo, se debe asegurar que ninguna persona se encuentre en la trayectoria de lanzamiento. Para el disparo, se tira brevemente de la cuerda del gatillo, lo cual se debe realizar aproximadamente en dirección vertical, con relación a la palanca.
- El equipo de lanzamiento no necesita mantenimiento, y no se lo debe lubricar ni permitir que se ensucie. La parte exterior de la escala, dado el caso, se puede limpiar con acetona, etanol (alcohol) o gasolina de lavado. Se debe evitar que se sumerja en agua, puesto que el muelle podría oxidarse.
- La escala angular se puede calibrar, por ejemplo, después de desmontar el equipo de lanzamiento. Para ello se coloca el equipo de lanzamiento en posición vertical (90°) y se observa si una bola lanzada en dirección vertical vuelve a caer en la boca de disparo (para evitar que la bola se dañe al golpear contra los filos, se la debe atrapar con la mano colocada muy cerca de la boca de disparo). Si la bola no cae correctamente, se corrige el ángulo de disparo y se inicia un nuevo intento. Una vez que, de esta manera, se haya encontrado la exacta posición vertical, se sueltan levemente los tornillos de fijación de la escala, y ésta se gira hasta llegar a la indicación de 90°, para volverla a atornillar fijamente.
- El almacenamiento del equipo de lanzamiento se debe realizar con el muelle libre de tensión y únicamente con los tornillos moleteados sueltos ⑪.

4. Ejecución del experimento y evaluación

4.1 Montaje experimental

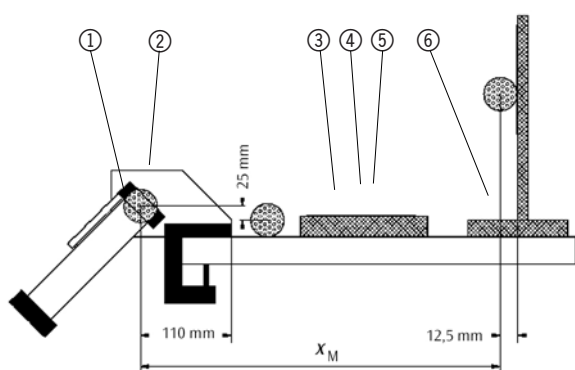


Fig. 2: Montaje experimental, leyenda: ① equipo de lanzamiento, ② posición de disparo de la bola, ③ libro o tabla, etc. 25 mm de alto, ④ papel, ⑤ papel carbón, ⑥ p. ej. soporte de tablero con tablero blanco de pared

- En la Fig. 2 se representa esquemáticamente un posible montaje experimental (la imagen no corresponde a valores de escala) Si la bola aterriza directamente sobre la placa de trabajo, se debe tomar en cuenta una altura de disparo de $y_0 = 2,5$ cm.

- Durante un lanzamiento contra una pared vertical (p. ej. tablero blanco de pared U10030, montado en el soporte para tablero de metal U10381) se debe restar de la distancia horizontal “punto de disparo hasta la pared” el radio de la bola (1,25 cm) para, de esta manera, obtener el valor de medida de distancia x_M . El valor de medida de altura y_M se obtiene de la distancia que va del “punto de impacto en la pared hasta la placa de mesa” menos 3,75 cm.

4.2 Realización del experimento

- Durante los experimentos, es estrictamente necesario anotar el número de experimento, la tensión del muelle (1, 2 ó 3), el ángulo de disparo así como los valores x_M y y_M . Ejemplo:

N°	Tensión del muelle	Ángulo de disparo $\varphi / ^\circ$	Distancia de lanz. x_M / m	Altura del blanco y_M / m
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

4.3 Evaluación del experimento

- El origen del sistema de coordenadas se ubica necesariamente en el punto central de la bola durante el disparo. De esta manera, es válido lo siguiente:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- A partir de la ecuación 4 se sigue directamente que $t = x / v_x$, con lo que se puede eliminar el tiempo de la ecuación 3.
- Si, en las ecuaciones así obtenidas, se eliminan aun las magnitudes v_x y v_y , empleando las ecuaciones 1 y 2, se obtiene

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5);$$

esto es, la ecuación de la parábola de lanzamiento. En esta ecuación se desconoce todavía la velocidad inicial v_0 , puesto que, en los experimentos, se midieron los desplazamientos x y y . Si, para los diferentes experimentos, se determina v_0 , se obtiene:

N°	v_0 en m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- La velocidad de lanzamiento con la menor tensión de muelle es igual a 3,37 m/s, aproximadamente. Con este valor se puede calcular ahora la parábola de lanzamiento por medio de la ecuación 5, para así comparar los valores medidos individuales. El resultado se representa en la Fig. 3.

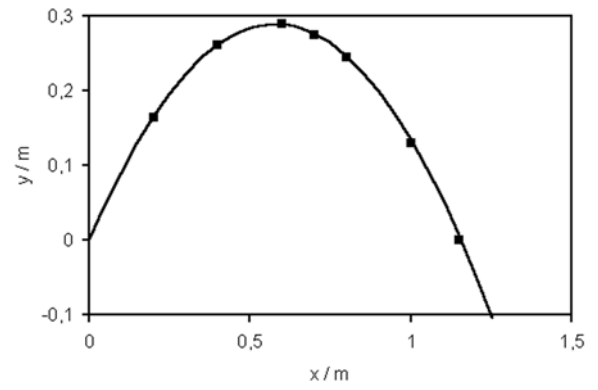


Fig. 3: Valores medidos y cálculo comparativo, x = alcance de vuelo, y = altura de vuelo, símbolos = valores medidos, línea = ecuación 5

U10360 Dispositivo de lançamento

U10361 Suporte para o dispositivo de lançamento

Instruções para o uso

9/04 MH

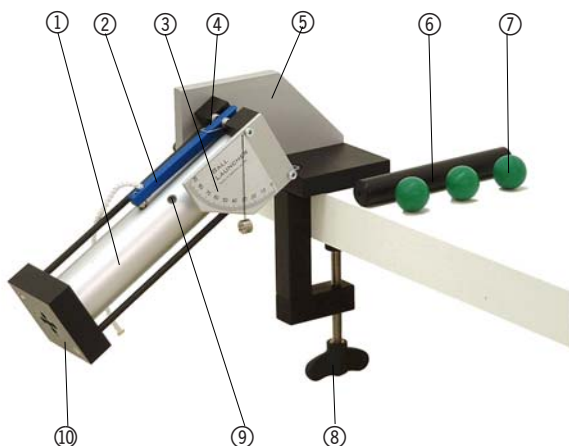


Fig. 1: Componentes

- ① Cano com mecanismo interno de lançamento
- ② Alavanca de lançamento com corda
- ③ Escala angular
- ④ Abertura
- ⑤ Suporte para o dispositivo de lançamento (650275)
- ⑥ Vara de carregamento
- ⑦ Bolas de plástico 3x
- ⑧ Parafuso de fixação
- ⑨ Perfuração de observação 3x
- ⑩ Tampa de fundo
- ⑪ Parafuso de fixação M8x20 com disco de matéria plástica para fixar o dispositivo de lançamento no suporte (não visível)

1. Indicações de segurança

- Para comprovar se há uma bola dentro do dispositivo de lançamento e se a mola está tensa, só devem ser utilizadas as perfurações de observação ⑨. É terminantemente proibido olhar para dentro do cano pela abertura ④. Perigo de ferimento!
- Nunca apontar em pessoas!
- Durante as experiências deve-se utilizar óculos de proteção.
- Armazenar o dispositivo de lançamento sempre com a mola distendida e sem bola no cano.
- Para obter a sensação da energia do lançamento, pode-se por uma mão a proximidade da abertura do cano e lançar uma bola na mão. a energia é relativamente pequena (quando uma das bolas de plástico é lançada a mão a 5 m normalmente também acontece nada).

2. Descrição, dados técnicos

- O dispositivo de lançamento serve para a determinação experimental da parábola de lançamento em lançamentos horizontais ou inclinados. Podem ser ajustados ângulos entre 0° e 90°. Também podem ser realizadas 3 velocidades de lançamento por meio da variação da tensão da mola, as quais produzem lançamentos de aprox. 1,1 m, 2,3 m e 4,5 m num ângulo de lançamento de 45°.

- Graças aos claros pontos de descanso na regulação da tensão da mola, a reprodutibilidade é muito alta. O desvio padrão do dispositivo de lançamento encontra-se abaixo de 1 % com um ângulo de lançamento de 45°.
- Sendo que a fixação do dispositivo de lançamento ocorre de tal maneira que o eixo de rotação do ajuste de ângulo de lançamento passa pelo centro da bola no momento do lançamento, a altura do lançamento é independente do ângulo de lançamento.

3. Utilização e manutenção

- O dispositivo de lançamento pode ser montado no suporte U10361 ou no pêndulo balístico U10362. Aqui só será descrito o suporte, para o pêndulo balístico já existe um manual de instruções específico.
- O suporte U10361 é aparafusado numa mesa de trabalho robusta com uma pinça de fixação. Logo, como é mostrado na Fig. 1, o dispositivo é fixado no suporte, sendo que o ângulo de lançamento pode ser ajustado fazendo-se uso da escala ③.
- O carregamento com uma bola sempre ocorre com a mola distendida, colocando-se a bola solta no interior do cilindro de material plástico. Depois, empurra-se a bola no cano com a vara de carregamento até atingir-se a tensão de mola desejada. A

vara de carregamento deve ser retirada lentamente, já que senão a aspiração ao retirá-la poderia levar a bola junto. O controle da posição da bola só deve acontecer pelas perfurações de observação laterais. Nunca olhe para dentro do cano!

- Antes do lançamento deve-se garantir que não se encontrem pessoas na linha de voo. Para efetuar o lançamento, puxa-se a corda da alavanca de lançamento, sendo que deve-se puxar a corda na perpendicular da alavanca de lançamento.
- O dispositivo de lançamento não necessita manutenção e não deve ser lubrificado ou sujado de qualquer outra forma. Com exceção da área da escala, ele pode ser limpo com acetona, álcool caseiro ou com benzina caseira. Deve-se evitar a imersão em água já que a mola pode oxidar-se.
- A escala angular pode ser calibrada após, por exemplo, uma desmontagem do dispositivo de lançamento. Para tal, coloca-se o dispositivo de lançamento na posição vertical (90°), lança-se uma bola e observa-se se a bola lançada volta a cair na abertura do cano (para evitar que a bola se danifique com as arestas do cano ela deveria ser pega com a mão logo antes de bater na abertura). Se a bola não cair no ponto certo deve-se corrigir o ângulo de lançamento e recomeçar a experiência. Após ter atingido assim a posição vertical exata, solta-se levemente os parafusos de fixação da escala, gira-se esta até a marca de 90° e ela é novamente fixada.
- O armazenamento do dispositivo de lançamento deve sempre ocorrer com a mola distendida e com o parafuso de fixação levemente apertado ⑪.

4. Execução e análise da experiência

4.1 Montagem da experiência

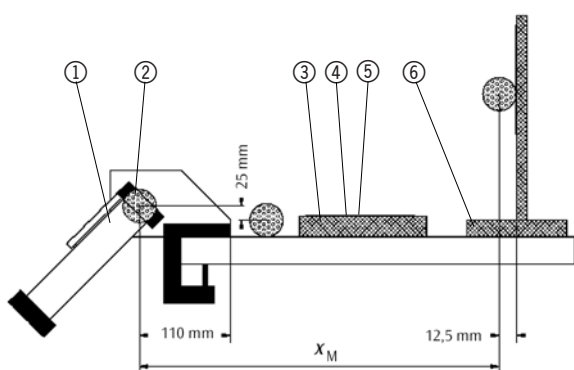


Fig. 2: montagem da experiência, legenda: ① dispositivo de lançamento, ② posição de lançamento da bola, ③ livro, tábua, etc. 25 mm de altura, ④ papel, ⑤ papel carbono, ⑥ por ex., suporte de quadro com quadro branco

- Uma montagem possível da experiência está representada esquematicamente (não proporcional) na Fig. 2. Quando a bola aterrissa diretamente

te sobre a mesa de trabalho, deve-se levar em conta uma altura de lançamento de $y_0 = 2,5$ cm.

- No caso de um lançamento contra uma parede vertical (por ex. quadro branco U10030 montado no suporte U10381) deve-se deduzir o raio da bola (1,25 cm) da distância horizontal “ponto de lançamento até parede” para se manter o valor de distância medido x_M . O valor medido de altura y_M resulta da distância “ponto de colisão na parede até mesa de trabalho” menos 3,75 cm.

4.2 Execução da experiência

- É de utilidade para a experiência anotar-se o número da experiência, a tensão da mola (1, 2 ou 3), o ângulo de lançamento, assim como os valores x_M e y_M . Exemplo:

Nº	Tensão da mola	Angulo de lançamento $\varphi / ^\circ$	Distância de lanç. x_M / m	Altura do alvo y_M / m
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

4.3 Análise da experiência

- A origem do sistema de coordenadas é colocada por praticidade no centro da bola no momento do lançamento. Então é válido:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- Da equação 4 decorre diretamente $t = x / v_x$, com o qual o tempo na equação 3 pode ser eliminado.
- Se ainda por meio das equações 1 e 2 forem eliminados os valores v_x e v_y contidos na equação assim obtida, obtêm-se

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5),$$

a equação da parábola de lançamento. Nesta equação, só a velocidade inicial v_0 ainda é desconhecida, já que nas experiências os percursos x e y foram medidos. Determinando-se v_0 para as diversas experiências, resulta então:

N°	v_0 em m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- A velocidade de lançamento com a menor tensão da mola é então de aproximadamente 3,37 m/s. Com este valor pode ser agora calculada a parábola de lançamento conforme a equação 5 e comparado o valor com os outros valores de medição. O resultado está representado na Fig. 3.

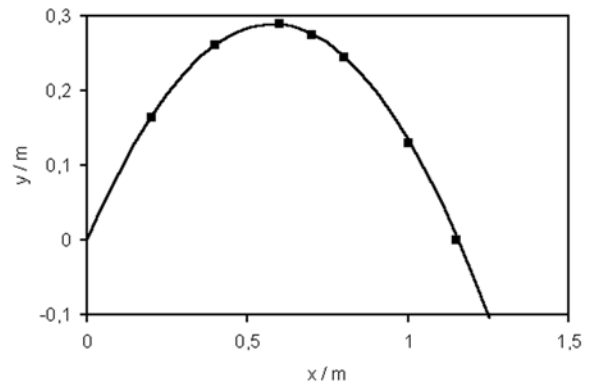


Fig. 3: comparação dos valores medidos e do cálculo, x = distância de voo, y = altura do voo, símbolos = valores medidos, linha = equação 5