

## Olimpiadi svizzere di fisica 2017

Aarau, 25/26 marzo 2017

### Esperimento Attrito e corde

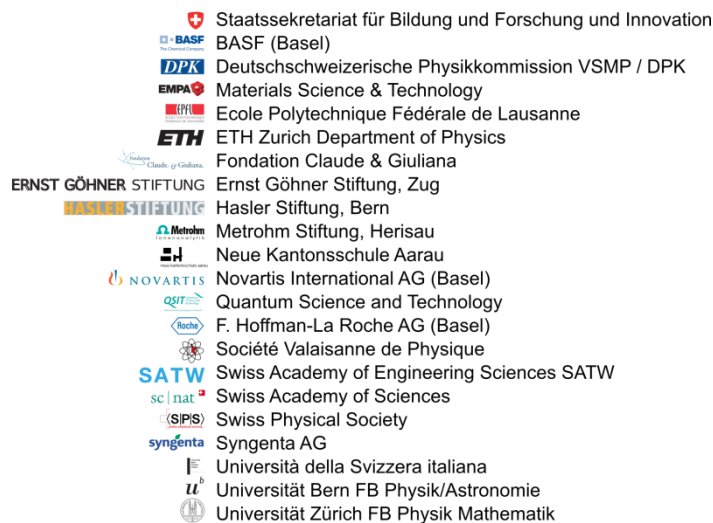
Durata: 150 minuti  
48 punti totali

Nome ..... Punteggio totale .....

Supporti concessi:  
Calcolatrice senza formule  
Materiale da scrittura e disegno

## Buon lavoro!

Supported by :



## Esperimento: Attrito e corde

### 1. Introduzione

In questo esperimento studiamo il fenomeno dell'attrito tra una corda e una sbarra. Al contrario dell'attrito tra due corpi, in questo caso la forza è applicata a entrambe le estremità della corda. La differenza tra queste due forze può anche essere sostanziale. Questo si può usare ad esempio come ancoraggio di una nave con una corda ad un paletto.

#### È a disposizione il seguente materiale

- Corda
- 2 dinamometri (scala: 0 – 3 N e 0 – 10 N)  
Attenzione: La scala posizione a riposo dei dinamometri deve essere calibrata a 0 N a seconda dell'utilizzo (perpendicolare verso l'alto o verso il basso, oppure orizzontale) con l'aiuto della vite di regolazione.
- Materiale di supporto      Supporto da tavolo  
   Sbarra di supporto  
   Guaina  
   Sbarra di supporto per la misurazione dell'attrito (segnata in rosso)
- Carta millimetrata
- Bollitore, recipiente per acqua (con acqua), bilancia
- Pesi
- 1 barretta di cioccolato (27 g)
- tovaglioli di carta

#### Note generali

- Tutte le misurazioni e i calcoli devono essere documentati in maniera comprensibile. Ciò significa che tutte le dimensioni misurate devono essere annotate in tabelle chiare, tutti i valori nei calcoli devono essere ben visibili, tutti i calcoli devono essere chiari. Le cifre significative sono da considerare.
- Tutte le dimensioni devono essere rappresentate nel SI di misura.
- I grafici devono essere completi delle corrette denominazioni.
- A disposizione oltre ai fogli quadrettati c'è anche carta millimetrata per diagrammi e grafici.
- Per angoli più grandi di  $2\pi$  c'è da prestare attenzione al fatto che gli avvolgimenti della corda siano uno accanto all'altro e che non si tocchino né si sovrappongano.
- La sbarra usata per la misurazione dell'attrito non è da toccare nella zona in cui verrà avvolta la corda (sporcarla con il grasso della pelle cambia il coefficiente di attrito). Le aste sono state precedentemente pulite. Inoltre la corda dovrebbe essere toccata unicamente alle estremità.
- Posiziona la corda sulla sbarra sempre nello stesso posto, per quanto possibile.

## 2. Descrizione dell'esperimento

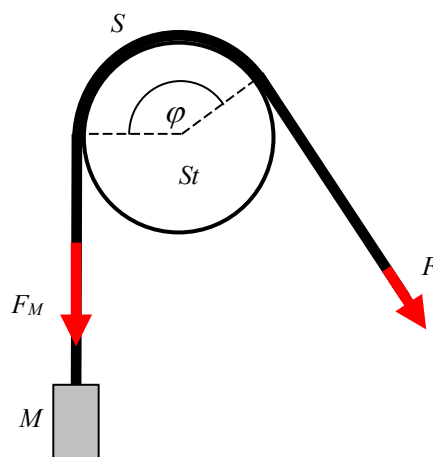
### Legge di Eulero-Eytelwein

Una corda  $S$  scorre su una sbarra  $St$  con angolo di scorrimento  $\varphi$  (vedi Fig. 1). Per mantenere la massa di carico  $M$  in equilibrio, è necessaria una forza  $F$  applicata all'altra estremità della corda. A causa della forza d'attrito tra la corda  $S$  e la sbarra  $St$ , la forza  $F$  necessaria è inferiore alla forza peso della massa  $M$ , ed è data dalla seguente relazione:

$$F = F_M \cdot e^{-\mu\varphi}$$

con	$F_M$	Forza peso del carico
	$F$	Forza di traino applicata
	$\varphi$	Angolo d'avvolgimento (in radianti)
	$\mu$	Coefficiente d'attrito
	$e$	Numero di Eulero

Fig. 1



## 3. Esercizi

### Esercizio 1: Determinazione delle forze e del coefficiente d'attrito con massimo attrito statico (in totale 9 punti)

Bisogna determinare le forze tra la corda e la sbarra con massimo attrito statico per diverse masse di carico. L'angolo di avvolgimento deve rimanere costante  $\varphi = \pi$ . A questo scopo si aumenta la forza applicata  $F$  fino a quando la corda comincia a scorrere sulla sbarra. La massa di carico è fissata a un'estremità della corda. La forza applicata viene generata come segue: un recipiente d'acqua viene fissato all'altra estremità. Nel recipiente viene versata lentamente dell'acqua fino a quando la corda non comincia a muoversi, e la massa di carico comincia a muoversi verso l'alto. La massa del recipiente con l'acqua determina la forza di traino applicata con attrito statico. **Attenzione:** per evitare che il recipiente tocchi la massa di carico, il recipiente deve essere più in basso della massa all'inizio della misurazione. La corda deve sempre rimanere asciutta!

- Esegui la misurazione con un angolo di avvolgimento  $\varphi = \pi$  con 8 diverse masse di carico tra 0 g e 160 g. Per ogni massa di carico la misurazione va ripetuta almeno tre volte per poter calcolare il valore medio. (5 punti)
- Per ognuna delle 8 masse di carico usa i valori calcolati in (a) per determinare il coefficiente di attrito statico  $\mu_{\text{statico}}$  tra la corda e la sbarra. Calcola poi il valore medio per  $\mu_{\text{statico}}$ . (4 punti)

**Esercizio 2: Determinazione delle forze e del coefficiente d'attrito con attrito dinamico (in totale 17 punti)**

Utilizza adesso una nuova corda. Useremo ancora un angolo di avvolgimento costante  $\varphi = \pi$ . Per determinare le forze di attrito dinamiche useremo due metodi diversi avvalendoci di dinamometri. Nel primo metodo la massa di carico viene tirata verso l'alto, mentre nel secondo metodo la massa viene calata verso il basso. Per il primo metodo – vedi (a) – si aumenta la forza applicata tirando lentamente il dinamometro fino a quando la corda comincia a muoversi a contatto con la sbarra. Bisogna quindi continuare a tirare con velocità costante e leggere il valore sul dinamometro. Nel secondo metodo – vedi (b) – si usa il dinamometro per diminuire la forza applicata fino a quando la corda comincia a muoversi rispetto alla sbarra. Bisogna quindi continuare il movimento con velocità costante per leggere il valore dal dinamometro.

- (a) Esegui la misurazione della forza di traino applicata per alzare la massa di carico per 8 diverse masse tra 0 e 160 g tenendo costante l'angolo di avvolgimento  $\varphi = \pi$ . Per ogni massa di carico misura almeno tre valori e calcola il valore medio. (4 punti)
- (b) Esegui la misurazione della forza di traino applicata facendo abbassare la massa di carico per 8 diversi valori tra 0 e 160 g tenendo costante l'angolo di avvolgimento  $\varphi = \pi$  (usa le stesse masse del punto (a)). Per ogni massa di carico misura almeno tre valori e calcola il valore medio. (4 punti)
- (c) Rappresenta graficamente tutti i valori (medi) ottenuti in (a) e (b) in funzione della forza di carico. I valori sono da disegnare nello stesso grafico come due serie di dati. (3 punti)
- (d) Prepara una tabella in cui per ogni forza di carico venga mostrato il rapporto tra la forza di traino applicata e la forza di carico, sia per il punto (a) che (b). Che relazione c'è tra questi due rapporti? Per ogni forza di carico calcola il coefficiente di attrito dinamico  $\mu_{\text{dinamico}}$  tra corda e sbarra utilizzando tutti e due i valori misurati nei punti (a) e (b). Determina il valore medio dei singoli coefficienti  $\mu_{\text{dinamico}}$ . (6 punti)

**Esercizio 3: Determinazione delle forze con attrito dinamico in funzione dell'angolo di avvolgimento e del coefficiente di attrito dinamico (in totale 22 punti)**

In questa parte studiamo la dipendenza delle forze dall'angolo di avvolgimento (solo quando la massa viene sollevata). Le forze vengono misurate con il dinamometro. In questo esercizio usa sempre soltanto la massa di 55 g.

- (a) Determina la forza di traino applicata per almeno 6 angoli di avvolgimento tra  $\varphi = 0$  e  $\varphi = 8\pi$ . Per ogni angolo misura la forza almeno cinque volte. (4 punti)
- (b) Per ogni angolo di avvolgimento determina il valore medio così come la deviazione standard (scarto quadratico medio) per le forze di traino misurate. (3 punti)
- (c) Controlla la validità della legge di Eulero-Eytelwein con un grafico appropriato. Spiega il metodo che hai scelto! (4 punti)
- (d) Riporta le barre di errore per tutte le quantità rilevanti nel tuo diagramma. (4 punti)
- (e) Determina il coefficiente di attrito dinamico tra corda e sbarra  $\mu_{\text{dinamico}}$  dal grafico in (c). Stima l'errore del coefficiente di attrito dinamico nella maniera appropriata. Documenta l'analisi. (5 punti)
- (f) Confronta  $\mu_{\text{dinamico}}$  ottenuto nel punto 3 (e) con quello dell'esercizio 2 (d) e calcola l'errore relativo del valore dall'esercizio 2 (d) con quello da 3 (e). (2 punti)