

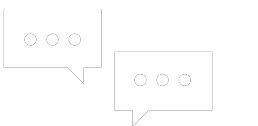


La fisica nei contesti di realtà: vantaggi didattici e valutazione

Scusi prof, ma tutta questa “roba” a cosa serve?

Fin dall'introduzione “Lo sguardo fisico” pone grossa attenzione al **motivare** gli studenti evidenziando l'**importanza della fisica** in tutti gli aspetti della **vita quotidiana**.

L'idea è che per convincere i ragazzi di una classe prima che la fisica è utile **non importa andare lontano**, basta **guardarsi attorno**.



WEBINAR

Fisica e contesti realistici

Per aiutare i ragazzi a vedere l'utilità della fisica si trovano diverse proposte:

- Utilizzo di problemi ambientati con dati inventati:

Sono esercizi in cui la fisica viene applicata in un contesto realistico all'interno di una situazione inventata. Sono utili ma a volte rischiano di ottenere il **risultato opposto** (es. giocatore di basket, scimmia appesa alla liana) o creare **situazioni paradossali** (es. la carica di un rinoceronte).

- Spiegazione di dispositivi:

Viene descritto in modo qualitativo il principio di funzionamento di un dispositivo (es. forno a microonde). È utile ma è una descrizione qualitativa che sembra **distante dalla trattazione vista in classe**.

La FISICA IN AZIONE de “Lo sguardo fisico”

La FISICA IN AZIONE de “Lo sguardo fisico” nasce per proporre esempi con cui illustrare come la fisica sia coinvolta nello studio di problemi e situazioni **reali**.

Si tratta di **10 proposte** suddivise in **5 sezioni** in cui:

- la fisica viene applicata a specifici **casi di studio** reali,
- i dati utilizzati sono sempre **dati veri**,
- è **il caso reale**, opportunamente schematizzato, che costituisce il **problema da risolvere**

Le fasi del lavoro

- 1- Ricerca di un tema su cui incentrare il caso di studio
- 2- Identificare il caso di studio
- 3- Schematizzare il problema e reperire i dati veri
- 4- Concludere il problema

1- La ricerca di un tema

Il punto di partenza è sempre il **contenuto dell'Unità o delle Unità che costituiscono la Sezione.**

La scelta del tema è sempre stata fatta in modo da:

- coinvolgere **più argomenti** possibili dell'Unità senza creare forzature
- essere **interessante** e la sua **utilità** essere **facilmente comprensibile**
- essere **schematizzabile ad un livello accessibile a quello della trattazione** del testo senza eliminare i tratti che caratterizzano la realtà del caso.

Tenendo conto di questi punti **si identifica un tema e gli argomenti coinvolti.**

Un esempio - sezione con una sola Unità

UNITÀ 9 Il calore e la temperatura

1. La temperatura	438
2. La dilatazione termica	441
Calcolare la dilatazione lineare	
3. Il calore	443
Calcolare la temperatura di equilibrio	
4. I passaggi di stato	446
Calcolare il calore latente in un passaggio di stato	
5. La trasmissione del calore	449
Applicare la legge della conduzione del calore	
Sintesi dell'unità	452
Mappa dei saperi di base	453
RAGIONA SULLA TEORIA	454
ESERCIZI DI PARAGRAFO	458
PROBLEMI DI RIEPILOGO	462
■ Prova di Verifica	465
■ Obiettivo Esame di Stato	465

FISICA IN AZIONE

Isolamento termico

Di quanto riduce i consumi la coibentazione? 466-467

Dettaglio dei contenuti video

ESPLORA IL GRAFICO	439,447
VIDEO	446, 449
VIDEOLABORATORIO	447

Materiali per il docente

Programmazione	D85
Prova subito, soluzioni	D87
Problemi di livello 3, tracce di risoluzione	D87
Prova di verifica, tracce di risoluzione	D88
Obiettivo Esame di Stato, tracce di risoluzione e griglia di valutazione	D89

Tema: **la coibentazione di un edificio**

Argomenti coinvolti: **la temperatura, il calore, la trasmissione del calore.**

2- Trovare il caso di studio

Individuato il tema occorre trovare uno specifico **caso di studio reale**:

- deve poter essere **schematizzato senza essere snaturato**
- occorre che si possano reperire **tutti i dati veri** che occorrono per risolvere il problema nel modo in cui si intende schematizzarlo
- è bene che sia un **caso rilevante**



Fonte: insensigiana.com Fonte dell'immagine



FISICA IN AZIONE

Isolamento termico



Il problema del riscaldamento globale e dell'impatto ambientale dell'uomo sulla natura sta diventando sempre meno trascurabile: lo sviluppo industriale e il traffico veicolare sono solo due esempi di cause dei danni ambientali, dovuti principalmente alle emissioni di gas serra.

Il fattore che contribuisce maggiormente alle emissioni di anidride carbonica (uno dei principali gas serra) nell'aria è però il riscaldamento domestico. Soprattutto nei mesi invernali, contribuisce al 64% delle emissioni.

L'UE ha stabilito che a partire dal 2020 tutte le nuove costruzioni dovranno essere classificate nZEB (*near Zero Emission Buildings*), mentre per quelle esistenti sono stati attivati progetti e finanziamenti per la riqualificazione energetica. L'intenzione è quella di ridurre il consumo energetico con una drastica riduzione degli sprechi. Per questo, vengono affinate le tecnologie per l'**isolamento termico** degli edifici.

Grazie alla fisica che studierai in questa Sezione imparerai cos'è il **calore**, come si trasmette e come viene disperso, come funzionano i sistemi di isolamento termico degli edifici.

L'approfondimento risponde alla domanda:

U9 Di quanto riduce i consumi la coibentazione?

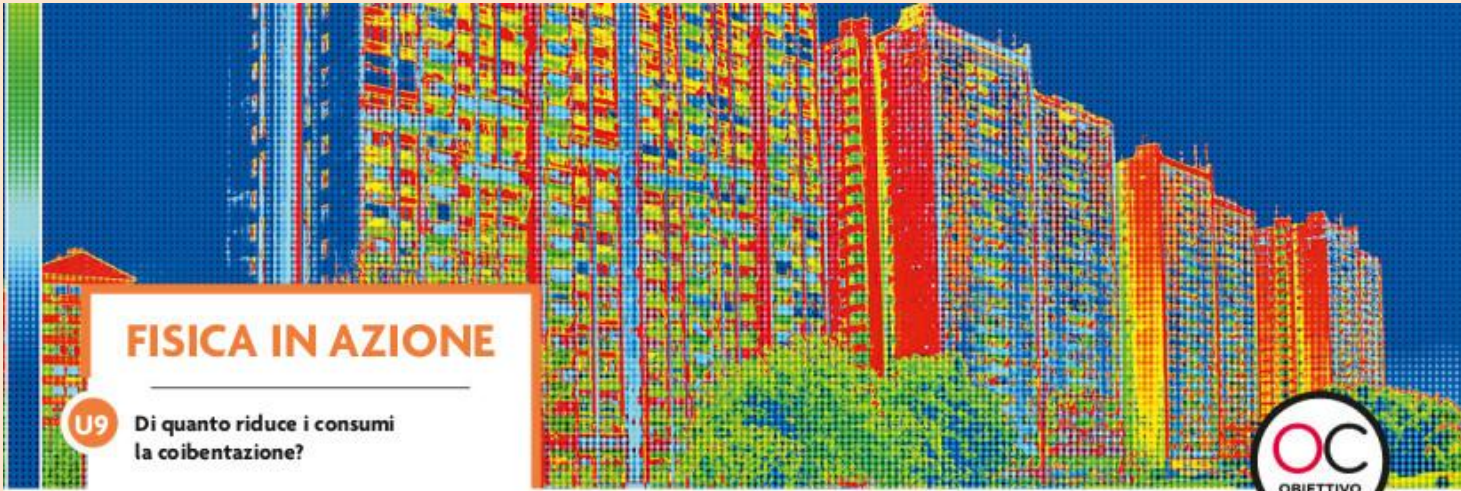
Trova la risposta alle pp. 466-467

- Tema di impronta ecologica di grande attualità
- Intervento di riqualificazione di un condominio di Milano che è stata realmente eseguito.
- Si introducono dati di base

3- Schematizzare il problema e reperire i dati veri

Individuato il caso di studio occorre:

- immaginare una schematizzazione che semplifichi il caso di studio ad un **livello accessibile** ai ragazzi ma che al tempo stesso **mantenga i tratti essenziali del caso** di studio,
- reperire tutti i dati veri necessari per risolverlo.



FISICA IN AZIONE

U9 Di quanto riduce i consumi la coibentazione?



L'isolamento termico degli edifici

Una delle soluzioni più semplici ed efficaci per ridurre l'impatto ambientale dei sistemi di riscaldamento consiste nel migliorare l'isolamento termico degli edifici, allo scopo di ridurre la quantità di risorse energetiche utilizzate. Gli edifici di nuova costruzione presentano già caratteristiche votate al risparmio energetico. Negli edifici esistenti, invece, l'isolamento termico può essere notevolmente migliorato con opere di **coibentazione**, cioè rivestendo i muri con pannelli di materiale isolante, per esempio il polistirene.

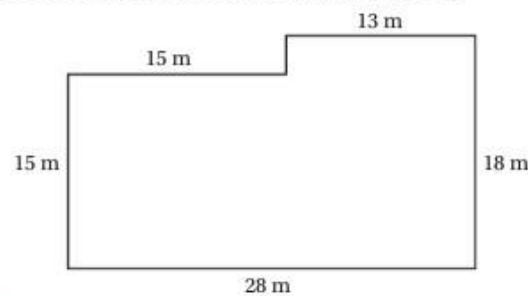
Sfruttiamo le conoscenze apprese in questa Unità, in particolare sulla conduzione del calore, per verificare come un rivestimento isolante contribuisca a ridurre considerevolmente il consumo di energia per riscaldare un edificio.

Che cosa sai

Consideriamo un edificio con le seguenti caratteristiche:

- lo stabile ha 7 piani, altezza complessiva 21 m e pianta riportata in ► **F1**;
- il muro esterno ha uno spessore $d_m = 30$ cm e una conducibilità termica pari a $k_m = 0,75$ W/(m · K);
- il rivestimento di polistirene utilizzato per la coibentazione ha spessore $d_p = 8,0$ cm e ha conducibilità termica pari a $k_p = 0,035$ W/(m · K).

Durante i mesi invernali la differenza di temperatura media tra l'interno e l'esterno dello stabile è 15 °C.



► **F1** Pianta dell'edificio.

Per semplificare il calcolo non consideriamo la potenza termica dissipata dalle finestre e dal tetto.

1. Calcola la potenza dissipata per unità di superficie senza coibentazione

Vogliamo calcolare la potenza dissipata per conduzione attraverso 1 m² di muro senza rivestimento quando la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno è di 1 °C. Calcoliamo quindi U , cioè la potenza calorica trasmessa attraverso il muro esterno per unità di superficie e per unità di differenza di temperatura tra interno ed esterno:

$$U = \frac{P}{S \Delta T}$$

P è la potenza calorica trasmessa attraverso la superficie S quando la differenza di temperatura è pari a ΔT . Il valore di U si ricava conoscendo lo spessore d_m del muro e la sua conducibilità termica.

Dalla legge della conduzione del calore abbiamo:

$$P = k_m S \frac{\Delta T}{d_m}$$

Dividiamo entrambi i membri dell'equazione per $S \Delta T$ e otteniamo:

$$U = \frac{k_m}{d_m}$$

Sostituiamo i valori numerici:

$$U = (0,75 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})) / (0,30 \text{ m}) = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Questo risultato ci dice che le pareti esterne dell'immobile dissipano una potenza pari a 2,5 W per ogni metro quadrato di superficie e per ogni grado di differenza di temperatura tra interno ed esterno.



2. Calcola la potenza totale dissipata dall'intero edificio

Per trovare la potenza totale trasmessa per effetto della conduzione moltiplichiamo la potenza unitaria calcolata per la superficie laterale S dello stabile e per la differenza di temperatura media durante la stagione invernale.

Innanzitutto, calcola la superficie laterale dell'edificio:

$$S = 2(28 \text{ m} \cdot 21 \text{ m}) + 2(18 \text{ m} \cdot 21 \text{ m}) = 1932 \text{ m}^2$$

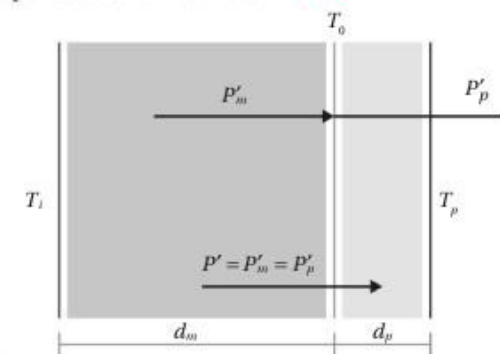
Utilizza questo dato per calcolare la potenza totale dissipata

$$P = U \cdot S \cdot \Delta T = \left(2,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right) \cdot (1932 \text{ m}^2) \cdot (15 \text{ K}) = 72450 \text{ W} = 72 \text{ kW}$$

Suggerimento ΔT è un intervallo di temperatura, perciò $\Delta T = 15 \text{ °C} = 15 \text{ K}$.

3. Calcola la potenza dissipata dall'edificio coibentato

Quando il muro viene rivestito con una lastra di polistirene di spessore d_p , la superficie esterna della lastra si trova alla temperatura esterna T_p , mentre la superficie di separazione tra muro e lastra arriva a una temperatura T_0 compresa tra quella interna T_i e quella esterna. Il rivestimento della parete è schematizzato in ► **F2**.



► **F2** Schema della parete rivestita.

Supponiamo di essere in regime stazionario, ovvero che la temperatura di ciascun punto sia costante e la potenza calorica P'_m che attraversa il muro sia uguale alla potenza calorica P'_p che attraversa la lastra. Cioè:

$$P' = P'_m = P'_p$$

Infatti, se la potenza trasmessa dal muro fosse maggiore di quella trasmessa dalla lastra, i punti che si trovano lungo la superficie di separazione riceverebbero più calore di quanto ne cedono e pertanto, in accordo con la formula per il riscaldamento dei corpi, la loro temperatura aumenterebbe.

Viceversa, se la potenza calorica che attraversa la lastra fosse maggiore di quella che attraversa il muro la temperatura della superficie di separazione diminuirebbe.

Applica la legge della conduzione del calore al muro:

$$P'_m = \frac{k_m S \Delta T}{d_m} = \frac{k_m S (T_i - T_0)}{d_m}$$

Moltiplica entrambi i membri per $\frac{d_m}{k_m S}$. Ottieni:

$$\frac{P'_m d_m}{k_m S} = T_i - T_0$$

Procedi in modo analogo per la lastra di polistirene

$$P'_p = \frac{k_p S \Delta T}{d_p} = \frac{k_p S (T_0 - T_p)}{d_p}$$

da cui:

$$\frac{P'_m d_m}{k_m S} = T_0 - T_p$$

Somma le due quantità ottenute e applica la condizione di regime stazionario:

$$\frac{P'_m d_m}{k_m S} + \frac{P'_p d_p}{k_p S} = (T_i - T_0) + (T_0 - T_p)$$

Poi risolvi rispetto a P' e sostituisci i valori numerici:

$$P' = \frac{S \Delta T}{\frac{d_m}{k_m} + \frac{d_p}{k_p}} = \frac{1932 \text{ m}^2 \cdot (15 \text{ K})}{\frac{0,30 \text{ m}}{0,75 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{0,080 \text{ m}}{0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})}} = 10790 \text{ W} = 11 \text{ kW}$$



4. Rispondi al quesito: di quanto riduce i consumi la coibentazione?

La presenza del rivestimento in polistirene permette una riduzione circa dell'85% della potenza necessaria a mantenere riscaldato l'edificio durante la stagione invernale.

Per le finestre e il tetto può essere fatto un discorso analogo, nel caso in cui siano adottati accorgimenti come la coibentazione del tetto e l'utilizzo di doppi vetri.

Non abbiamo tenuto conto di finestre e tetto poiché il calcolo sarebbe diventato troppo lungo per i nostri scopi.

Presentazione del caso reale con i dati veri. È la parte che richiede il maggior sforzo da parte del docente

Conclusione che sottolinea l'utilità del problema affrontato.

Riduzione pari all'85% del consumo energetico.

4- Concludere un problema

Il problema si conclude con **riflessioni**:

- rilevanza dei risultati ottenuti,
- i vantaggi che si ottengono dall'aver potuto risolvere il caso concreto

e con **spunti di approfondimento** che:

- stimolino a rispondere ad altre domande relative al caso di studio,
- individuino casi di studio che possono essere studiati in modo analogo

Un problema su più Unità: LA STATICA

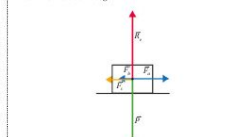
U1 Le forze e l'equilibrio del punto materiale



Le forze e l'equilibrio della diga delle Tre Gole

Analizziamo la stabilità della diga applicando ciò che abbiamo imparato su peso, reazioni vincolari e attrito. In particolare, qui valutiamo, in modo schematico, come fa la diga delle Tre Gole a resistere alla forza dell'acqua. La diga separa due bacini di diverse altezze, quello più alto ha un'altezza di 180 m (circa quanto un grattacielo di 45 piani), mentre quello più basso ha un'altezza di 84 m; la capacità massima di 39 miliardi di metri cubi supera quella del Lago Maggiore (37 miliardi di metri cubi). Insieme tanti tipi di dighe, quella delle Tre Gole è una diga di tipo **gravitazionale**, che utilizza il proprio peso per contrastare la differenza tra la forza dell'acqua del bacino alto e la forza dell'acqua del bacino basso che premono ortogonalmente sulle pareti della diga.

1. Raccogli i dati dalla descrizione
Nella costruzione della diga sono stati impiegati 28 milioni di m³ di calcestruzzo (un volume pari a più di 100 000 piscine olimpioniche) e 463 000 tonnellate di acciaio (con le quali sarebbe possibile costruire più di 45 torri Eiffel). L'acqua contenuta nel bacino alto preme contro la diga con una forza orizzontale di intensità 3,7 · 10¹⁰ N, mentre l'acqua contenuta nel bacino basso preme con una forza orizzontale di intensità 8,0 · 10⁹ N. In primo luogo, la diga deve essere in grado di produrre una forza capace di contrastare queste due forze.



► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

Riporta i dati nella seguente tabella:

Volume di calcestruzzo della struttura	$V = 28 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Massa dell'acciaio	$m_a = 463\,000 \text{ tonnellate}$
Intensità della forza orizzontale esercitata dall'acqua contenuta nel bacino alto	$F_1 = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ N}$
Intensità della forza orizzontale esercitata dall'acqua contenuta nel bacino basso	$F_2 = 8,0 \cdot 10^9 \text{ N}$

2. Schematizza le forze che agiscono sulla diga
Come prima schematizzazione, consideriamo la diga come un punto materiale e tracciamo tutte le forze in gioco. Facendo riferimento alla ► **►**, oltre alle forze orizzontali dei bacini alto e basso, rispettivamente chiamate F_1 e F_2 , abbiamo:

- la forza peso P della diga che, come tutte le forze peso, è diretta verticalmente verso il basso;
- la reazione vincolare R_1 del terreno che impedisce alla diga di sprofondare, diretta verticalmente verso l'alto;
- la forza d'attrito statico R_2 tra il terreno e la diga, diretta orizzontalmente e con verso tale da opporsi al moto orizzontale della diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

3. Scegli le unità di misura adatte al problema
Rispetto alla massa dell'acciaio, la ► **►** massa del calcestruzzo è 2 ordini di grandezza maggiore.

Suggerimento Per confrontare le due masse dobbiamo esprimere nella stessa unità di misura. Poi confrontiamo i loro ordini di grandezza.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

► **►** Schema delle forze che agiscono sulla diga.

4. Calcola le forze che non conosci
► Peso della diga
Per calcolare il peso della diga dobbiamo calcolare prima la sua massa. Conosciamo il volume di calcestruzzo utilizzato (da cui possiamo ricavare la massa) e la massa totale dell'acciaio impiegato nella costruzione. Il calcestruzzo è una miscela di calce, cemento, sabbia e ghiaia; quello utilizzato per la diga delle Tre Gole è del tipo **ridotto e compatto** (reci: **ridotto** compressivo e **compatto** la sua densità è pari a $\rho = 2\,500 \text{ kg/m}^3$).

► Forza di attrito
La forza d'attrito tra la diga e il terreno permette alla diga di non sprofondare per effetto della forza esercitata dall'acqua. Poiché la diga è ferma, l'attrito è statico. Sappiamo che il valore di soglia dell'attrito statico è dato da:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1$$

Il coefficiente d'attrito statico tra il terreno e il calcestruzzo di cui è fatta la diga vale $\mu_s = 0,60$. Sostituendo nella precedente relazione i valori numerici otteniamo:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1 = 0,60 \cdot 690 \text{ GN} = 414 \text{ GN}$$

► Imponiamo la condizione di equilibrio rispetto alla direzione orizzontale
 $\sum F_x = 0$
e ricaviamo il modulo della forza di attrito tra la diga e il terreno:

$$F_a = -F_1 + F_2 = -3,70 \text{ GN} + 0,80 \text{ GN} = -2,90 \text{ GN}$$

► Rispondi al quesito: che cosa permette alla diga di non sprofondare?
Dall'analisi appena svolta abbiamo visto come l'acqua contenuta nel bacino alto preme contro la diga con una forza orizzontale di intensità 370 GN, mentre l'acqua contenuta nel bacino basso preme con una forza orizzontale di intensità 80 GN; nonostante questo, la struttura è in grado di resistere alla spinta orizzontale. Ciò è possibile poiché il valore della forza di attrito, 290 GN, è inferiore al valore di soglia, 410 GN, e la diga è quindi in grado di bilanciare le forze che premono orizzontalmente sulle sue pareti.

Dal confronto tra le due masse notiamo che la massa dell'acciaio è trascurabile, dunque la massa m della diga è approssimabile con quella del calcestruzzo. Per calcolare il peso P della diga moltiplichiamo la massa per l'accelerazione di gravità $g = 9,81 \text{ N/kg}$:

$$P = mg = (7,0 \cdot 10^7 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) = 6,9 \cdot 10^8 \text{ GN} = 690 \text{ GN}$$

► Reazione vincolare del terreno
Il terreno rappresenta un vincolo per il moto verticale della diga. Imponiamo la condizione di equilibrio lungo l'asse verticale:

$$R_1 - P = 0$$

da cui si ottiene:

$$R_1 = P = 690 \text{ GN}$$

► Forza di attrito
La forza d'attrito tra la diga e il terreno permette alla diga di non sprofondare per effetto della forza esercitata dall'acqua. Poiché la diga è ferma, l'attrito è statico. Sappiamo che il valore di soglia dell'attrito statico è dato da:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1$$

Il coefficiente d'attrito statico tra il terreno e il calcestruzzo di cui è fatta la diga vale $\mu_s = 0,60$. Sostituendo nella precedente relazione i valori numerici otteniamo:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1 = 0,60 \cdot 690 \text{ GN} = 414 \text{ GN}$$

► Imponiamo la condizione di equilibrio rispetto alla direzione orizzontale
 $\sum F_x = 0$
e ricaviamo il modulo della forza di attrito tra la diga e il terreno:

$$F_a = -F_1 + F_2 = -3,70 \text{ GN} + 0,80 \text{ GN} = -2,90 \text{ GN}$$

► Rispondi al quesito: che cosa permette alla diga di non sprofondare?
Dall'analisi appena svolta abbiamo visto come l'acqua contenuta nel bacino alto preme contro la diga con una forza orizzontale di intensità 370 GN, mentre l'acqua contenuta nel bacino basso preme con una forza orizzontale di intensità 80 GN; nonostante questo, la struttura è in grado di resistere alla spinta orizzontale. Ciò è possibile poiché il valore della forza di attrito, 290 GN, è inferiore al valore di soglia, 410 GN, e la diga è quindi in grado di bilanciare le forze che premono orizzontalmente sulle sue pareti.

► Reazione vincolare del terreno
Il terreno rappresenta un vincolo per il moto verticale della diga. Imponiamo la condizione di equilibrio lungo l'asse verticale:

$$R_1 - P = 0$$

da cui si ottiene:

$$R_1 = P = 690 \text{ GN}$$

► Forza di attrito
La forza d'attrito tra la diga e il terreno permette alla diga di non sprofondare per effetto della forza esercitata dall'acqua. Poiché la diga è ferma, l'attrito è statico. Sappiamo che il valore di soglia dell'attrito statico è dato da:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1$$

Il coefficiente d'attrito statico tra il terreno e il calcestruzzo di cui è fatta la diga vale $\mu_s = 0,60$. Sostituendo nella precedente relazione i valori numerici otteniamo:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1 = 0,60 \cdot 690 \text{ GN} = 414 \text{ GN}$$

► Imponiamo la condizione di equilibrio rispetto alla direzione orizzontale
 $\sum F_x = 0$
e ricaviamo il modulo della forza di attrito tra la diga e il terreno:

$$F_a = -F_1 + F_2 = -3,70 \text{ GN} + 0,80 \text{ GN} = -2,90 \text{ GN}$$

► Rispondi al quesito: che cosa permette alla diga di non sprofondare?
Dall'analisi appena svolta abbiamo visto come l'acqua contenuta nel bacino alto preme contro la diga con una forza orizzontale di intensità 370 GN, mentre l'acqua contenuta nel bacino basso preme con una forza orizzontale di intensità 80 GN; nonostante questo, la struttura è in grado di resistere alla spinta orizzontale. Ciò è possibile poiché il valore della forza di attrito, 290 GN, è inferiore al valore di soglia, 410 GN, e la diga è quindi in grado di bilanciare le forze che premono orizzontalmente sulle sue pareti.

► Reazione vincolare del terreno
Il terreno rappresenta un vincolo per il moto verticale della diga. Imponiamo la condizione di equilibrio lungo l'asse verticale:

$$R_1 - P = 0$$

da cui si ottiene:

$$R_1 = P = 690 \text{ GN}$$

► Forza di attrito
La forza d'attrito tra la diga e il terreno permette alla diga di non sprofondare per effetto della forza esercitata dall'acqua. Poiché la diga è ferma, l'attrito è statico. Sappiamo che il valore di soglia dell'attrito statico è dato da:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1$$

Il coefficiente d'attrito statico tra il terreno e il calcestruzzo di cui è fatta la diga vale $\mu_s = 0,60$. Sostituendo nella precedente relazione i valori numerici otteniamo:

$$F_{a, \text{max}} = \mu_s R_1 = 0,60 \cdot 690 \text{ GN} = 414 \text{ GN}$$

► Imponiamo la condizione di equilibrio rispetto alla direzione orizzontale
 $\sum F_x = 0$
e ricaviamo il modulo della forza di attrito tra la diga e il terreno:

$$F_a = -F_1 + F_2 = -3,70 \text{ GN} + 0,80 \text{ GN} = -2,90 \text{ GN}$$

U2 La statica del corpo rigido



Il baricentro e la stabilità della diga delle Tre Gole

Sfruttiamo le conoscenze acquisite in questa Unità per esaminare l'equilibrio e la stabilità della diga delle Tre Gole dal punto di vista della rotazione: cerchiamo di capire perché la diga non si ribalta sotto l'azione spinta dell'acqua.

Nella puntata precedente abbiamo considerato la diga come un punto materiale e ciò ci ha permesso di determinare tutte le forze in gioco. Qui invece, per studiare l'equilibrio rotazionale, consideriamo la diga come corpo rigido e valutiamo l'effetto delle forze applicate nei diversi punti della struttura. L'effetto di queste forze deve essere tale da **impedire il ribaltamento**.

1. Traccia le forze che agiscono nei rispettivi punti di applicazione
Con le informazioni che abbiamo a disposizione è possibile tracciare le forze che agiscono sulla diga e i rispettivi centri di applicazione.

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

2. Applica la condizione di equilibrio dei momenti
Nell'Unità 1 abbiamo già verificato le condizioni affinché la diga non sprofondi verticalmente o si sposti orizzontalmente.

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

3. Rispondi al quesito: perché non si ribalta?
Quali sono le condizioni limite per l'equilibrio? È interessante osservare che la stabilità della diga rispetto al ribaltamento è dovuta alla reazione vincolare del terreno. Questa è pari al peso della diga e a causa della forma e delle dimensioni della struttura, ha un centro di applicazione interno alla diga stessa. Se la diga avesse un peso inferiore anche la reazione vincolare sarebbe inferiore e il centro di applicazione sarebbe più lontano dal punto O .

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.



Il baricentro e la stabilità della diga delle Tre Gole

Sfruttiamo le conoscenze acquisite in questa Unità per esaminare l'equilibrio e la stabilità della diga delle Tre Gole dal punto di vista della rotazione: cerchiamo di capire perché la diga non si ribalta sotto l'azione spinta dell'acqua.

Nella puntata precedente abbiamo considerato la diga come un punto materiale e ciò ci ha permesso di determinare tutte le forze in gioco. Qui invece, per studiare l'equilibrio rotazionale, consideriamo la diga come corpo rigido e valutiamo l'effetto delle forze applicate nei diversi punti della struttura. L'effetto di queste forze deve essere tale da **impedire il ribaltamento**.

1. Traccia le forze che agiscono nei rispettivi punti di applicazione
Con le informazioni che abbiamo a disposizione è possibile tracciare le forze che agiscono sulla diga e i rispettivi centri di applicazione.

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

2. Applica la condizione di equilibrio dei momenti
Nell'Unità 1 abbiamo già verificato le condizioni affinché la diga non sprofondi verticalmente o si sposti orizzontalmente.

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

3. Rispondi al quesito: perché non si ribalta?
Quali sono le condizioni limite per l'equilibrio? È interessante osservare che la stabilità della diga rispetto al ribaltamento è dovuta alla reazione vincolare del terreno. Questa è pari al peso della diga e a causa della forma e delle dimensioni della struttura, ha un centro di applicazione interno alla diga stessa. Se la diga avesse un peso inferiore anche la reazione vincolare sarebbe inferiore e il centro di applicazione sarebbe più lontano dal punto O .

► **►** è riportato in scala il profilo della diga.

Per evitare che la diga si ribalti, però, occorre che la **somma dei momenti applicati**, calcolati rispetto a un punto qualsiasi, **sia nulla**.

Per verificare questa condizione, scegliamo come polo il punto O di ► e attribuiamo verso positivo ai momenti delle forze che tendono a far ruotare la diga in verso antiorario rispetto al polo O . In questo modo la condizione di equilibrio risulta

$$-F_1 h_1 + F_2 h_2 - P x_G + R_1 x_R = 0$$

dove abbiamo indicato con x_G la distanza del punto di applicazione della reazione vincolare R_1 dalla spinta alta della diga.

Nell'equazione precedente sono noti tutti i termini eccetto x_G , il **centro di applicazione della reazione vincolare**.

Dalla precedente equazione puoi ricavare l'espressione di x_G :

$$x_G = \frac{F_1 h_1 - F_2 h_2 + P x_G}{P}$$

Sostituisci i dati del problema:

$$x_G = \frac{(3,70 \text{ GN})(60 \text{ m}) - (8,0 \text{ GN})(28 \text{ m}) + (690 \text{ GN})(80 \text{ m})}{690 \text{ GN}}$$

$$x_G = \frac{202,20 \text{ GN} \cdot \text{m} - 224 \text{ GN} \cdot \text{m} + 55,200 \text{ GN} \cdot \text{m}}{690 \text{ GN}} = 80 \text{ m}$$

Suggerimento Ricorda che dalla condizione di equilibrio delle forze lungo l'asse verticale si ricava che $R_1 = P$.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

► Profilo schematico della diga delle Tre Gole.

► Le forze che agiscono sulla diga e i loro punti di applicazione.

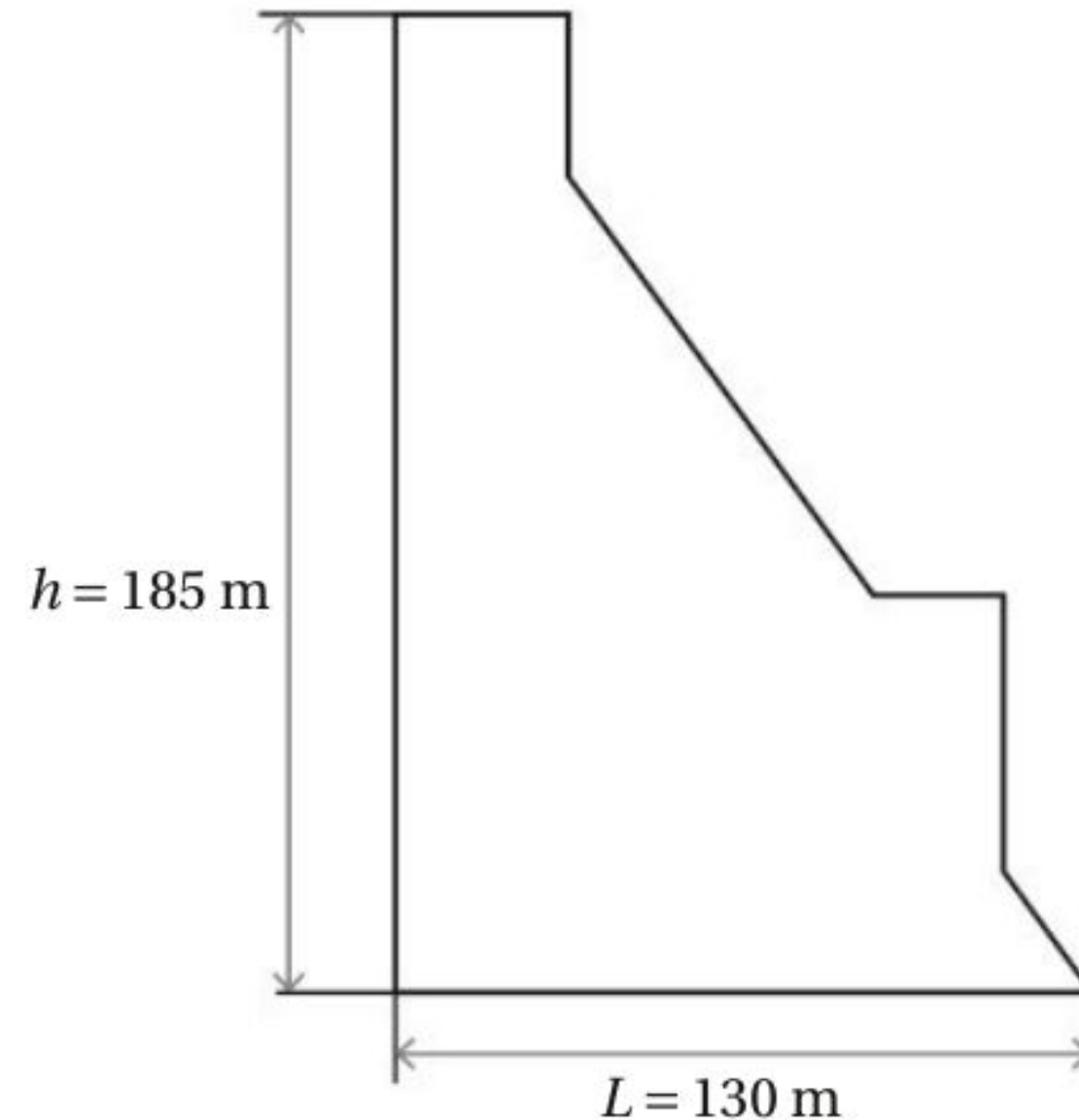
► Prof

Quale diga?

Ho iniziato la ricerca e sono stato travolto da immagini e descrizioni di dighe di tutti i tipi. Ho scelto la diga delle Tre Gole perché ha le seguenti caratteristiche:

- È una diga dalle **dimensioni impressionanti** e su cui è relativamente facile **reperire dei dati veri** (volume e tipologia dei materiali impiegati nella costruzione, livello raggiunto dall'acqua...)
- È una diga gravitazionale e quindi si adatta molto bene ad un problema di **equilibrio dei momenti**.
- Ha una forma che consente di fare una **schematizzazione relativamente semplice** ma che è in grado di **trattenere le caratteristiche fondamentali** che permettono l'equilibrio della diga.

Dalla realtà alla schematizzazione



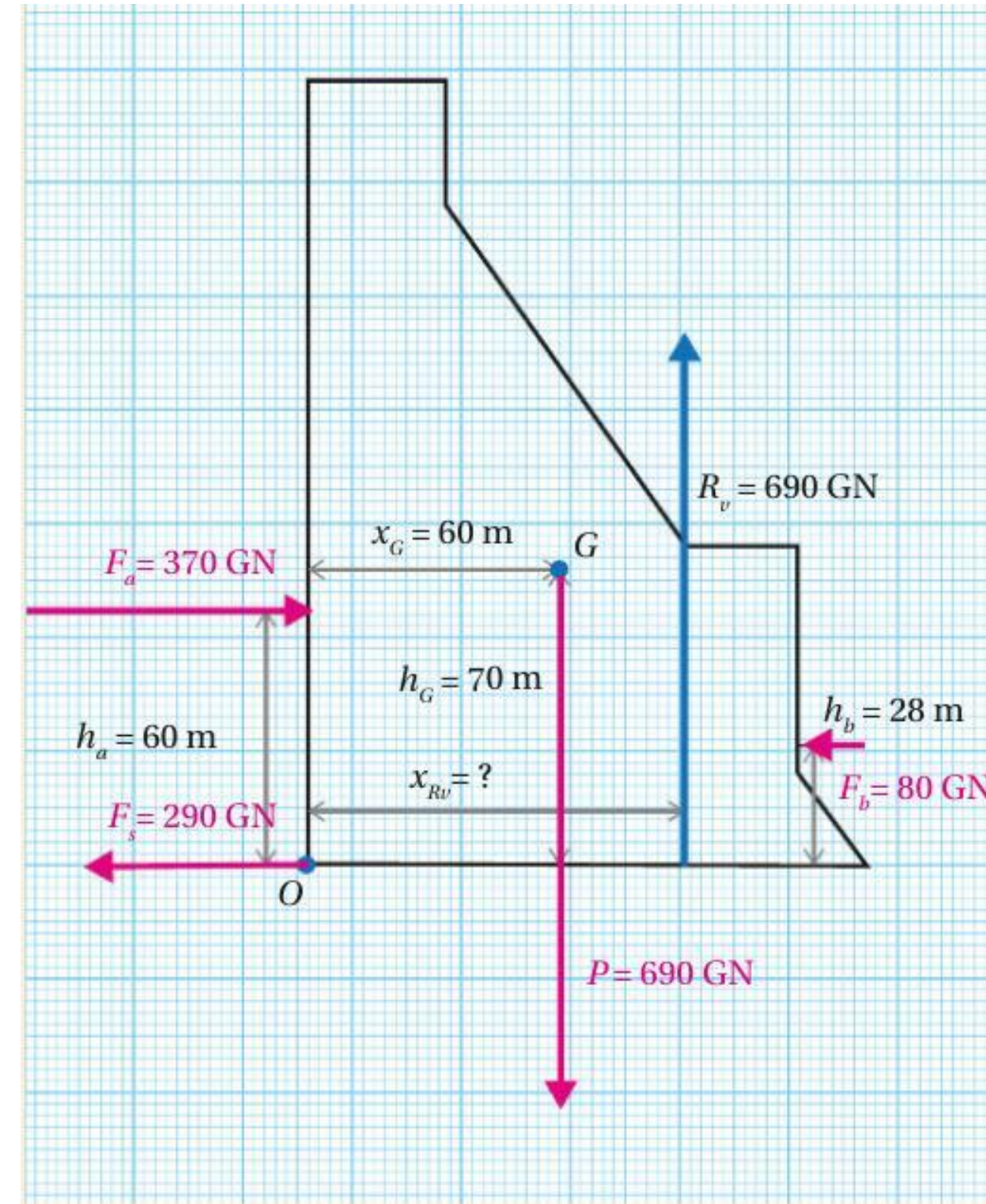
La schematizzazione non può essere eccessiva.

Se la diga venisse schematizzata come un muro verticale o con un profilo a L non potrebbe stare in equilibrio

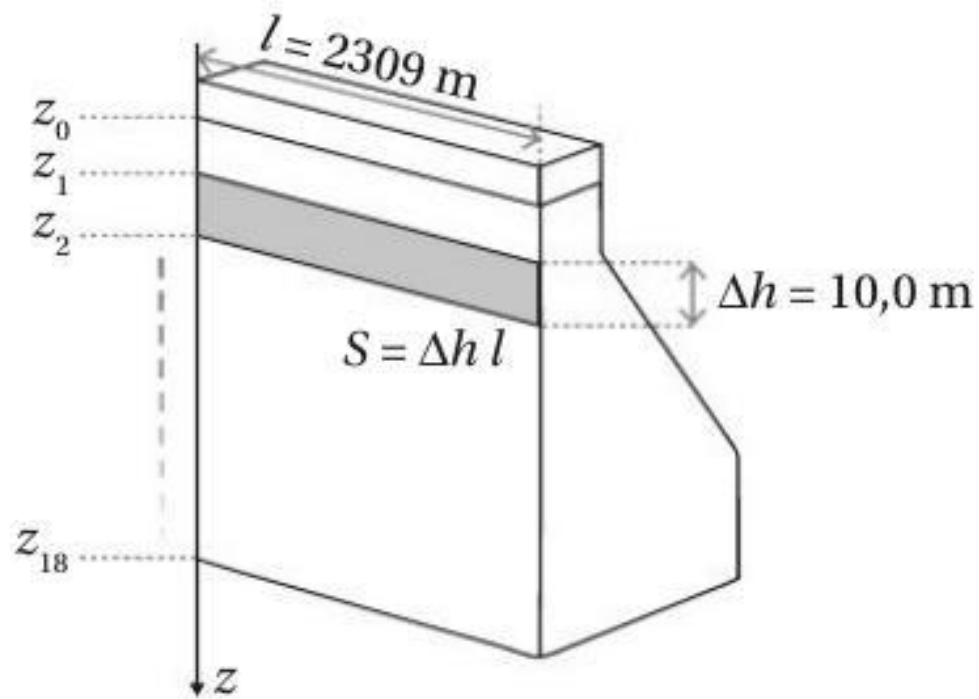
Dai dati alla soluzione

Volume di calcestruzzo della struttura	$V_c = 28 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Massa dell'acciaio della struttura	$m_a = \frac{463\,000}{\text{tonnellate}}$
Intensità della forza orizzontale esercitata dall'acqua contenuta nel bacino alto	$F_a = 3,7 \cdot 10^{11} \text{ N}$
Intensità della forza orizzontale esercitata dall'acqua contenuta nel bacino basso	$F_b = 8,0 \cdot 10^{10} \text{ N}$

- Quando l'acqua nella parte alta del bacino raggiunge l'altezza di 180 m la forza che esercita è pari a $F_a = 370 \text{ GN}$ e il centro di applicazione si trova all'altezza $h_a = 60 \text{ m}$ dalla base della diga.
- Quando l'acqua nella parte bassa del bacino raggiunge l'altezza di 84 m la forza che esercita è pari a $F_b = 80 \text{ GN}$ e il centro di applicazione si trova all'altezza $h_b = 28 \text{ m}$ dalla base della diga.
- Il baricentro della diga G si trova all'altezza $h_G = 70 \text{ m}$ e a una distanza $x_G = 60 \text{ m}$ dalla sponda alta.



Il calcolo della pressione dell'acqua



Tratto	Pressioni (MPa)		Forze (GN)	
i	$p(z_{i-1})$	$p(z_i)$	$F_{i-1, \min}$	$F_{i, \max}$
1	0	0,0981	0,00	2,27
2	0,0981	0,1962	2,27	4,53
3	0,1962	0,2943	4,53	6,80
4	0,2943	0,3924	6,80	9,06
5	0,3924	0,4905	9,06	11,33
6	0,4905	0,5886	11,33	13,59
7	0,5886	0,6867	13,59	15,86
8	0,6867	0,7848	15,86	18,12
9	0,7848	0,8829	18,12	20,39
10	0,8829	0,981	20,39	22,65
11	0,981	1,0791	22,65	24,92
12	1,0791	1,1772	24,92	27,18
13	1,1772	1,2753	27,18	29,45
14	1,2753	1,3734	29,45	31,71
15	1,3734	1,4715	31,71	33,98
16	1,4715	1,5696	33,98	36,24
17	1,5696	1,6677	36,24	38,51
18	1,6677	1,7658	38,51	40,77

Il calcolo della risultante delle forze di pressione e dei loro punti di applicazione richiedono calcoli che possono essere fatti con un **foglio di calcolo**.

$$F_{\min} = 347 \text{ GN}$$

$$F_{\max} = 387 \text{ GN}$$

Osservazioni

- Il modello presentato è certamente una schematizzazione della realtà ma permette di **mantenere i tratti essenziali del problema** e di **capire in modo quantitativo** il principio di funzionamento di una diga gravitazionale.
- Mostra l'**importanza della fisica** per realizzare una costruzione che non potrebbe mai essere realizzata senza precisi calcoli basati appunto su **leggi fisiche**.
- Offre la possibilità di utilizzare uno strumento di calcolo molto utile come un **foglio elettronico** in un contesto reale.
- Può **stimolare ulteriori approfondimenti**.

Conclusioni

I compiti di realtà della FISICA IN AZIONE de “Lo sguardo fisico”

- sono una proposta per **motivare i ragazzi** rendendoli **consapevoli dell'utilità della fisica** che studiano.
- Stimolano i ragazzi attraverso problemi che risultano **concreti e stimolanti** e la cui **utilità pratica** è evidente.
- Possono essere un'occasione per un lavoro di **flipped classroom**, per **lavorare assieme alla classe** e creare una **valutazione condivisa**.

*Vi ringrazio per l'attenzione
e auguro a tutti buon lavoro*

Andrea Brognara

The logo for Mondadori Education, featuring a stylized 'M' icon followed by the text 'MONDADORI' and 'EDUCATION' stacked vertically.

MONDADORI
EDUCATION

The logo for Rizzoli Education, featuring the word 'Rizzoli' in a serif font above the word 'EDUCATION' in a sans-serif font.

Rizzoli
EDUCATION

Two white decorative brackets, one above and one below the main title, framing the text.

FORMAZIONE SU MISURA

WWW.FORMAZIONESUMISURA.IT



webinar@mondadorieducation.it

www.mondadorieducation.it

Scusi prof, ma tutta questa “roba” a cosa serve?

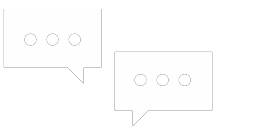
INSEGNANTE

- serve per capire le leggi dell'Universo. Pensa a quante scoperte sono state fatte anche recentemente.
- ma come, questa materia è importantissima.
- serve per quando sarai più grande
- serve per andare alla classe successiva

STUDENTE

- sono tutti argomenti molto affascinanti ma non capisco cosa c'entrino con l'equilibrio delle forze
- sarà anche vero ma continuo a non capire perché
- ma io intendevo adesso e poi quando sono grande mica voglio fare questo
- purtroppo

Fin dall'introduzione “Lo sguardo fisico” pone grossa attenzione al **motivare** gli studenti evidenziando l'**importanza della fisica** in tutti gli aspetti della **vita quotidiana**.



WEBINAR

Un esperimento in classe

Supponiamo di chiedere alla classe di immaginare di essere a casa e che all'improvviso spariscono per un tempo indefinito:

- il gas
- i rubinetti dell'acqua,
- la corrente elettrica.

Perché senza la fisica in casa non avresti nessuna di queste comodità. Come sarebbe la vostra vita? Ah dimenticavo...

- non potete avere lo smartphone,

mi spiace ma senza la fisica non si conoscerebbero le proprietà delle onde elettromagnetiche e quindi non esisterebbe.

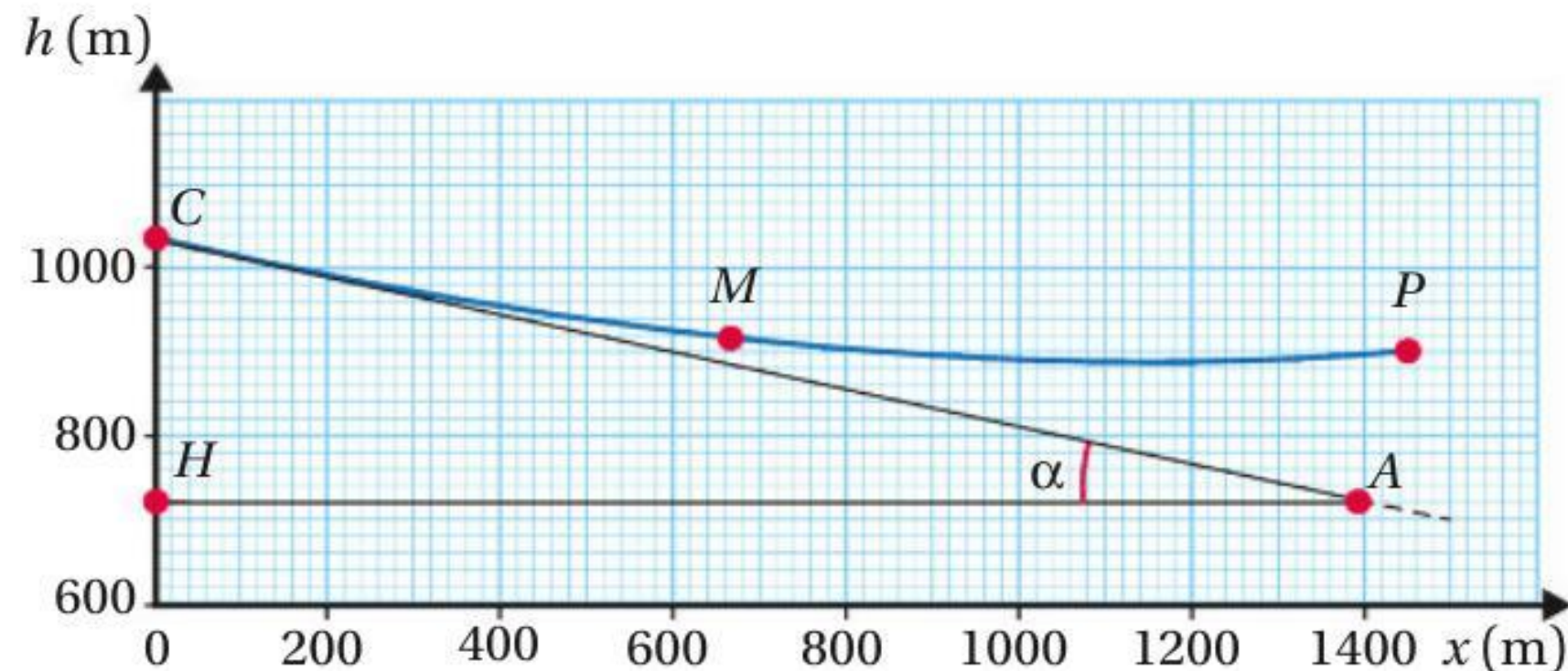
Perché la fisica nei contesti di realtà

Soprattutto all'inizio del primo biennio gli studenti fanno fatica a intuire in modo autonomo l'**utilità della fisica nel mondo reale**. Questo porta a diverse difficoltà:

- gli studenti hanno l'impressione **errata** che la fisica sia un insieme di formule da imparare a **scuola**.
- gli studenti faticano a trovare una **motivazione** per lo studio di una materia che percepiscono come **lontana dalla realtà**.

Un **insegnante** sa quanto la **fisica sia presente in ogni aspetto della vita quotidiana** e la sua azione didattica risulta certamente **facilitata** se riesce a trasmettere questo punto agli studenti.

La schematizzazione non può essere eccessiva



Problema apparentemente semplice che può essere schematizzato con un cavo dritto e la conservazione dell'energia.

Problemi:

- La velocità di arrivo supererebbe i **180 km/h** e non è realistico.

La realtà:

- Lo spazio di frenata disponibile è di circa 20 m.
- la parte finale della corsa avviene a velocità costante

Risultato:

- Occorre una schematizzazione più raffinata che tenga conto della forma del cavo e dell'attrito dell'aria

LA STATICA

- U1** Le forze e l'equilibrio del punto materiale

- U2** La statica del corpo rigido

- U3** La statica dei fluidi



FISICA IN AZIONE

La diga delle Tre Gole



La diga delle Tre Gole sul fiume Yangtze (Fiume Azzurro) in Cina è stata terminata nel 2009 ed è, per volume d'acqua, la seconda diga più grande al mondo. Il bacino creato dalla diga è lungo più di 600 km e ha un'estensione di più di 1000 km² e la sua capienza massima è di 39 miliardi di metri cubi (più del Lago Maggiore). L'acqua della diga alimenta la più grande centrale elettrica del mondo con una portata d'acqua di 110 000 m³/s: in solo mezz'ora potrebbe soddisfare il fabbisogno idrico annuo degli abitanti di tutta Roma.

La fisica che studierai in questa sezione ti permetterà di capire come, grazie a un attento lavoro di progettazione, sia possibile garantire la resistenza e l'**equilibrio** di una diga di questo tipo, nonostante le enormi **forze** in gioco.

Ciascun approfondimento risponde a una delle seguenti domande:

- U1** Come fa la diga a resistere alla spinta dell'acqua?
Trova la risposta alle pp. 170-171
- U2** Perché la diga non si ribalta?
Trova la risposta alle pp. 202-203
- U3** Qual è la forza dovuta alla pressione dell'acqua che agisce sulla diga?
Trova la risposta alle pp. 232-233

Schematizzare il profilo e delle forze

