

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE**

SEZIONE A

**Il Sessione 2024
Settore Industriale
Prova pratica
14 novembre 2024**

Il candidato scelga di svolgere una delle seguenti quattro tracce.

Traccia 1

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. L'acido solforico è uno dei composti più importanti prodotti dall'industria chimica, che viene usato per produrre centinaia di composti, necessari a quasi tutte le industrie. Le sue proprietà lo rendono una materia prima e un reagente insostituibile, difficile da spostare anche dai prodotti chimici più innovativi introdotti sul mercato dai produttori chimici. Nonostante gli standard ambientali più severi e le normative legali, la produzione di acido solforico non sta diminuendo. Illustrare lo schema di un impianto per la produzione dell'acido solforico, le modalità di realizzazione, i vari stadi con i relativi problemi di sicurezza. Dire quali tipi di reattori si utilizzano e quali catalizzatori.
- D. Quando viene estratto dal suolo, il petrolio greggio è una miscela di molti idrocarburi liquidi diversi. Per creare prodotti utili come carburante diesel, gasolio per riscaldamento o nafta, deve prima essere scomposto nei suoi componenti attraverso un processo chiamato distillazione. La raffinazione del greggio è effettuata nelle raffinerie, strutture industriali molto complesse e distillazione del petrolio greggio rappresenta la prima fase del processo di raffinazione. La raffinazione del greggio fornisce anche sostanze che sono importanti materie prime per l'industria petrolchimica, necessarie per la produzione fra l'altro di materie plastiche, vernici, detersivi, fibre sintetiche e gomme. Illustrare quali operazioni fondamentali richiede la distillazione del greggio, schematizzare il *flow sheet* impiantistico e descrivere i componenti necessari alla sicurezza delle operazioni, evidenziando i principali rischi e pericoli.

Traccia 2

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. L'industria automobilistica si rivolge sempre più ai compositi a matrice polimerica (PMC) per creare veicoli più leggeri ed efficienti nei consumi. Mentre i produttori di automobili si sforzano di soddisfare normative più severe sulle emissioni e di migliorare il risparmio di carburante, i PMC offrono una soluzione riducendo il peso del veicolo senza sacrificare la resistenza o la sicurezza. Il successo di questi materiali è dovuto proprio al fatto che i materiali compositi a matrice polimerica uniscono le prestazioni dei polimeri, quali resistenza chimica, durabilità a quelle del materiale di rinforzo solitamente ceramico, quali resistenza meccanica, resistenza all'usura. Illustrare le tipologie più utilizzate di matrice e di rinforzo ed i possibili campi di applicazione. Illustrare come possono essere affrontate le problematiche ambientali riguardo alla sostenibilità e alla riciclabilità dei compositi a matrice polimerica.
- D. Tra i principali responsabili dell'inquinamento ambientale vi è l'accumulo degli scarti delle materie plastiche e le cosiddette microplastiche che ne derivano.
La cosa migliore sarebbe il riutilizzo, ma questo è possibile solo in un numero molto limitato di casi e fino a che il manufatto mantiene la sua funzione originale, oltre ai classici "monouso", ci sono prodotti che devono forzatamente essere utilizzati una volta sola, ad esempio molti presidi medico-chirurgici.
La differenziazione e il successivo riciclo del materiale sono da preferirsi, anche se nei casi più fortunati non è possibile riciclare all'infinito un materiale a base polimerica, perché le molecole di cui è composto si modificano chimicamente e non possono, alla fine, essere più utilizzate.
Attraverso il recupero e il riciclo della plastica è possibile non solo ottenere nuovi prodotti, ma anche energia, calore ed elettricità. Il riciclaggio prevede la trasformazione da materia a materia: la plastica non più utilizzata diventa il punto di partenza per nuovi prodotti.
Si richiede di illustrare le varie tipologie di materiali plastici e fare degli esempi applicativi sui processi di riciclo. Illustrare uno schema impiantistico e descrivere criticamente le fasi di processo ad esso associate.

Traccia 3

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. Il Controllo Statistico di Processo (SPC) è una metodologia che utilizza strumenti statistici per monitorare e controllare un processo produttivo.
1. Quali sono gli obiettivi principali del SPC?
 2. Quali tipi di variabilità esistono in un processo produttivo e come l'SPC aiuta a gestirle?
 3. Che cosa sono le carte di controllo e come vengono utilizzate nell'SPC?
 4. Spiegare la differenza tra le carte di controllo per variabili e quelle per attributi. Fornire esempi di carte di controllo per variabili e per attributi.
 5. Definire i concetti di limiti di controllo e limiti di specifica. Spiegare perché è importante distinguere i due concetti. Fornire esempi di come una corretta distinzione tra limiti di controllo e limiti di specifica possa influenzare le decisioni manageriali nel controllo della qualità.
 6. Al termine di un processo produttivo, un'azienda sottopone ogni lotto composto di 100 pezzi ad un controllo a tappeto, ispezionando tutte le unità prodotte. L'azienda registra il numero di prodotti difettosi rilevati in ciascun lotto. I prodotti difettosi vengono scartati ed eventualmente sottoposti a rielaborazione. Per 10 lotti consecutivi, sono stati registrati i numeri di prodotti difettosi per ciascun lotto, i cui valori sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Numero di prodotti difettosi rilevati in ciascun lotto da 100 unità

Lotto	Numero di prodotti difettosi (d)	Dimensione del lotto (n)
1	6	100
2	4	100
3	7	100
4	12	100
5	6	100
6	20	100
7	5	100
8	4	100
9	22	100
10	6	100

- Individuare la carta di controllo più opportuna per monitorare i dati relativi al numero di prodotti difettosi per lotto riportati in Tabella 1. Motivare la scelta.

- Determinare i limiti di controllo per il tipo di carta di controllo selezionata. Se necessario, effettuare le opportune approssimazioni per le costanti da utilizzare nei calcoli.
- Rappresentare la carta di controllo, analizzare i risultati e determinare se il processo produttivo è in controllo statistico.

D. Nel processo di sviluppo di un prodotto, l'analisi dei requisiti è fondamentale per garantire che il prodotto finale soddisfi le esigenze degli utenti e gli obiettivi dell'azienda.

1. Definire l'analisi dei requisiti di prodotto e spiegare la sua importanza nel ciclo di sviluppo. Descrivere possibili metodologie e strumenti da utilizzare per l'identificazione dei requisiti di prodotto.
2. Fornire una definizione di requisiti funzionali e requisiti non funzionali di un prodotto.
3. Un'azienda sta progettando un nuovo *smartwatch*. Per garantire che il prodotto finale soddisfi le aspettative del mercato, il *team* di sviluppo ha raccolto dati sui requisiti dei clienti e sulle caratteristiche tecniche possibili.

I clienti hanno espresso i requisiti riportati in Tabella 2, ciascuno valutato su una scala di importanza da 1 a 5 (dove 5 è il più importante).

Tabella 2. Requisiti del cliente e relative importanze assolute per un prodotto smartwatch

Requisiti del Cliente	Importanza (1-5)
Lunga durata della batteria	5
Funzionalità di monitoraggio <i>fitness</i>	4
Compatibilità con smartphone	3
Resistenza all'acqua	2
Facilità d'uso	4

Il *team* di sviluppo ha identificato le caratteristiche per soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3:

Tabella 3. Caratteristiche per un prodotto smartwatch

Caratteristiche Tecniche
Capacità della batteria (mAh)
Numero di parametri monitorati
Margine di errore del Sensore di frequenza cardiaca (bpm)
Frequenza di sincronizzazione dei dati (secondi)
Numero sistemi operativi supportati
Versione Bluetooth supportata
Tempo di risposta al tocco (ms)
Risoluzione dello schermo (pixel)
Profondità massima di immersione (metri)

- a) Calcolare il peso relativo di ciascun requisito in base all'importanza assegnata.
- b) Costruire una matrice di correlazione tra requisiti e caratteristiche tecniche. Determinare le correlazioni tra i requisiti dei clienti e le caratteristiche tecniche basandosi sulla comprensione del prodotto. Si suggerisce di utilizzare la seguente scala di correlazione per compilare la matrice: ● = 9 correlazione forte, ○ = 3 correlazione media, △ = 1 correlazione debole.
- c) Sulla base dei dati forniti e dei risultati ottenuti ai punti (a) e (b). Calcolare un punteggio di importanza per ciascuna caratteristica tecnica e fornire un ordinamento di priorità.

Traccia 4

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. La possibilità di misurare la forza di reazione del terreno trova applicazione in contesto clinico e sportivo. Ad esempio, misurando le forze vincolari in almeno tre punti sulla superficie di appoggio durante il mantenimento della stazione eretta è possibile quantificare la posizione del centro di pressione, utile per valutare disturbi dell'equilibrio. Analogamente, è possibile quantificare l'altezza raggiunta durante un salto verticale tramite la componente verticale della forza vincolare risultante, indicando il grado di recupero funzionale di un paziente a seguito di un percorso riabilitativo. Si vuole quindi attrezzare un centro clinico con una piattaforma di forza portatile, in grado di misurare le forze vincolari in un range utile per valutazioni posturale (o stabilometrica) e funzionale, seguendo lo schema di costruzione riportato nel lavoro di Major et al 1998 (Figura 1a).

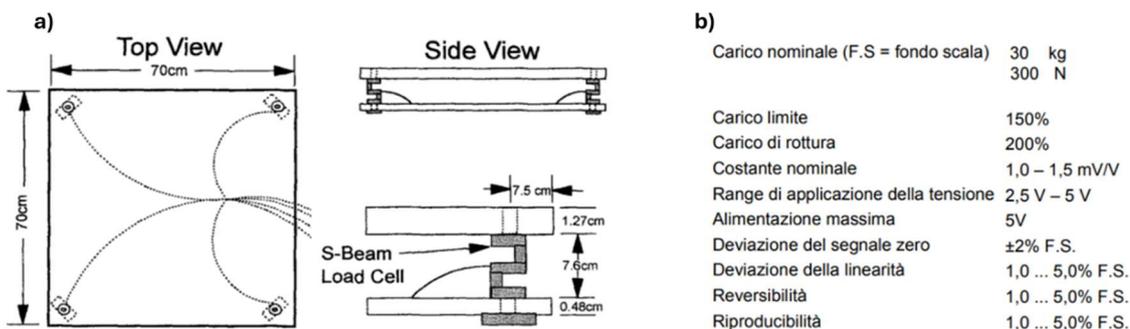


Figura 1

Nello specifico, occorre disporre opportunamente quattro sensori resistivi (celle di carico) sotto una superficie rigida di appoggio, condizionare e digitalizzare il segnale fornito da ogni cella di carico. Si consideri di utilizzare la cella di carico le cui specifiche sono indicate in figura 1b.

Il candidato

1. Indichi se ed in quali condizioni la cella di carico proposta consente le due applicazioni descritte nel testo (valutazione stabilometrica e funzionale), motivando la sua risposta.
2. Sulla base della risposta al punto precedente, progetti e descriva il sistema complessivo a livello di schema a blocchi, considerando il condizionamento e la digitalizzazione del segnale in uscita di ogni cella di carico. Nel caso la cella scelta consentisse la valutazione stabilometrica, la risoluzione deve essere di almeno 0,1N. Nel caso di dati non noti il candidato effettui delle scelte di dimensionamento dei blocchi interessati, riportando i criteri adottati a supporto di tali scelte.

D. L'unità motoria vertebrale L4-L5 risulta essere una delle più sollecitate dell'intera colonna vertebrale e spesso il disco intervertebrale interposto va incontro a patologie che risultano essere dolorose e invalidanti.

Considerando un individuo con massa corporea pari ad 80 kg che sorregge una scatola di massa pari a 4 kg tenendo gli arti inferiori estesi, gli arti superiori flessi e la colonna vertebrale inclinata di 30° rispetto ad un asse verticale ed ipotizzando i restanti parametri anatomici necessari ed un modello semplificato dell'intero sistema:

- valutare numericamente il modulo e la direzione della forza alla quale è sottoposto il disco intervertebrale;
- discutere, dimostrandolo numericamente, come si riduce il carico articolare quando l'individuo assume una posizione eretta;

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR - II Sessione 2024**

**SEZIONE B
Settore Industriale- Commissione 2C
Prova scritta
21 novembre 2024**

Traccia 1

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. Nell'Ingegneria Chimica sono di interesse i problemi relativi alla liquefazione dei gas. Si chiede di illustrare il processo industriale di liquefazione dell'aria, spiegando su quale effetto si basa e da chi prende il nome. Il processo può essere semplice o a doppia espansione, disegnare gli schemi di entrambi i processi e dire quali sono le loro criticità, come possono essere migliorate e come si possono ridurre i costi di installazione.
Gli impianti oltre che produrre ossigeno o azoto gassoso da liquefare possono essere utilizzati a servizio di nuove applicazioni come quella del *green hydrogen* per la liquefazione dell'ossigeno prodotto dal processo di elettrolisi. Illustrare questi aspetti innovativi.
- D. La catalisi eterogenea comprende un vasto campo di applicazioni, con risvolti sia in ambito di processo che in quello ambientale. Le applicazioni-chiave riguardano la riduzione dell'impatto ambientale della combustione nell'*automotive*, da biomasse, la produzione di idrogeno (decomposizione di ammoniaca, *steam* e *dry reforming*, *water-gas shift*, ossidazione parziale di idrocarburi), la sintesi diretta di perossido di idrogeno, la fotocatalisi, la produzione/prevenzione/ossidazione di carbonio, le fasi di sintesi di prodotti/intermedi farmaceutici e *fine chemicals*.
Illustrare il meccanismo della catalisi eterogenea, illustrare le tipologie di catalizzatori ed i parametri operativi, i problemi di avvelenamento.
Illustrare in dettaglio un processo industriale basato sulla catalisi eterogenea, facendo lo schema dell'impianto.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE
DI INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR - II Sessione 2024**

**SEZIONE B
Settore Industriale - Commissione 2C
Prova scritta**

21 novembre 2024

Traccia 2

Il candidato tratti in maniera esaustiva e con proprietà di linguaggio i seguenti quattro argomenti:

- A. Illustrando il Codice Deontologico degli Ingegneri, descrivere i principali punti trattati al suo interno, individuando diritti e doveri degli ingegneri.
- B. La valutazione dei rischi è un tema di estrema importanza all'interno delle aziende indipendentemente dal settore specifico in cui operano. Definire cosa si intende per rischio e quale differenza c'è tra rischio e pericolo. Indicare la formula che permette di calcolare in modo quantitativo il rischio definendo le grandezze che compaiono nella formula stessa. Indicare in quale documento le aziende identificano i propri rischi, quali sono le figure coinvolte nella redazione di questo documento. Identificare due rischi a piacere e indicare possibili azioni da intraprendere per minimizzarli.
- C. L'albero motore è un componente fondamentale nel motore di un'automobile, responsabile della trasformazione del movimento alternato dei pistoni in un movimento rotatorio. Questo componente richiede una lavorazione ad alta precisione per garantire robustezza e resistenza all'usura. La produzione di un albero motore implica una serie di fasi altamente tecniche che includono la lavorazione meccanica, trattamenti termici e controlli qualità.
- Descrizione del Processo di Produzione di un Albero Motore:
1. Ricezione del Materiale Grezzo e Controllo Qualità Iniziale
Si parte da barre di acciaio speciale. Questi materiali vengono consegnati allo stabilimento e a campione sottoposti a un controllo di qualità per verificarne l'assenza di difetti e la conformità agli standard (prove di durezza e di trazione). Qualora il materiale non soddisfi almeno una di queste due prove, viene restituito al fornitore. Una volta approvato, il materiale viene immagazzinato per le fasi successive di lavorazione.
 2. Forgiatura e Tranciatura
La barra d'acciaio viene riscaldata a temperature elevate (circa 1200°C) e poi sottoposta a forgiatura per ottenere la forma base dell'albero motore.
Dopo la forgiatura, l'albero viene tranciato per rimuovere materiale in eccesso e portarlo alle dimensioni grezze richieste per la lavorazione successiva.
 3. Lavorazione Meccanica di Precisione
L'albero grezzo passa quindi alla lavorazione su centri di lavoro CNC ad alta precisione. Le lavorazioni principali includono: tornitura, fresatura e foratura.
Ogni fase di lavorazione è seguita da controlli dimensionali per garantire che l'albero rispetti le tolleranze specifiche. In caso di difetti, se questi risultano risolvibili, il pezzo viene rilavorato; altrimenti, viene scartato.
 4. Trattamenti Termici
L'albero motore viene poi sottoposto a un trattamento termico di tempra e rinvenimento.

A seguito del trattamento termico, vengono eseguiti nuovi controlli di durezza e verifica delle deformazioni.

5. Rettifica e Lappatura

Per ottenere la finitura finale, l'albero motore viene rettificato. La rettifica è seguita da un processo di lappatura.

6. Controllo Qualità Finale

L'albero motore completato viene pulito, imballato in materiale protettivo per evitare danni durante il trasporto e infine spedito al cliente o alla linea di assemblaggio.

1. Rappresentare graficamente il processo di produzione descritto utilizzando un linguaggio di rappresentazione a scelta (ad esempio: schede di processo, diagramma di flusso, *Value Stream Mapping*, BPMN, ecc.).
2. Classificare i processi descritti nella produzione dell'albero motore come lavorazioni per asportazione di truciolo o per deformazione plastica. Nel dettaglio si considerino: forgiatura, tranciatura, tornitura, fresatura, foratura. Spiegare il criterio utilizzato per la classificazione.
3. Descrivere il processo di tornitura. Quali sono le principali variabili di processo che influenzano la qualità della tornitura?
4. Descrivere i trattamenti termici di tempra e rinvenimento. Come influenzano le proprietà meccaniche dell'albero motore?

D. La prova di trazione è uno dei test fondamentali per determinare le proprietà meccaniche dei materiali.

1. Quali sono le principali differenze tra prove distruttive e prove non distruttive nel contesto della valutazione delle proprietà dei materiali, e in quali situazioni è preferibile utilizzare l'una rispetto all'altra? Fornire alcuni esempi di prove distruttive e prove non distruttive. La prova di trazione è considerata una prova distruttiva o non distruttiva?
2. Descrivere la procedura della prova di trazione.
3. Descrivere quali proprietà meccaniche di un materiale possono essere misurate con una prova di trazione.
4. Spiegare cosa rappresenta una curva tensione-deformazione. Rappresentare una curva tensione deformazione di un materiale duttile e descriverne le principali sezioni.
5. La Figura 1 mostra le curve tensione-deformazione di tre diversi materiali (A, B e C) sottoposti a una prova di trazione. Osservando le forme delle curve, rispondere alle seguenti domande:
 - I. Classificare i tre materiali (A, B e C) in base al loro comportamento meccanico, identificandoli come materiali a comportamento fragile, comportamento elastomerico e comportamento plastico. Per ciascun materiale, descrivere le caratteristiche principali della curva tensione-deformazione che hanno portato alla classificazione.
 - II. In quale curva si può osservare un limite di snervamento? Spiegare l'importanza del limite di snervamento nella progettazione dei componenti meccanici.
 - III. Quale materiale ha la maggiore resistenza alla trazione? Come si può identificare questa proprietà dalla curva tensione-deformazione?
 - IV. Quali differenze si notano nel comportamento dei materiali nel raggiungimento del carico massimo? Come influenzano queste differenze la scelta dei materiali in applicazioni ingegneristiche?

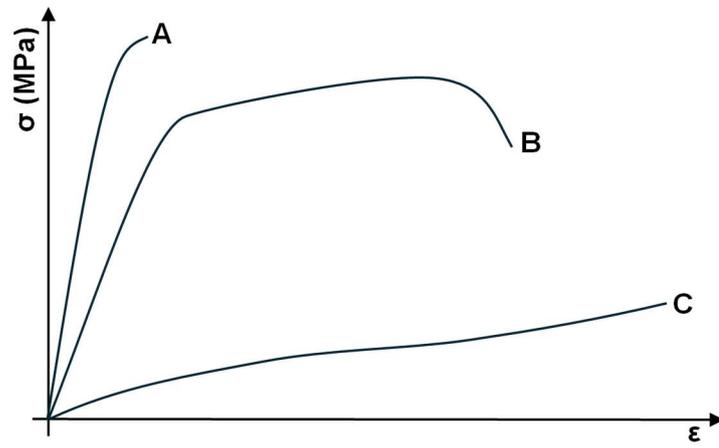


Figura 1. Curve tensione-deformazione di tre diversi materiali