

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

**SEZIONE A**

**I Sessione 2024  
Settore Industriale  
Prova pratica  
31 luglio 2024**

Il candidato scelga di svolgere una delle seguenti tre tracce.

**Traccia 1**

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

- A. Descrivere i contenuti del Decreto legislativo 81/08 e come possono essere implementati attraverso l'applicazione della norma UNI EN 45001 che descrive le caratteristiche del Sistema di gestione della salute e sicurezza sul luogo di lavoro. Individuare i principali attori della Sicurezza nei luoghi di lavoro indicandone i principali obblighi eventualmente aiutandosi con degli esempi specifici.
- B. La norma ISO 9000 stabilisce i criteri per un Sistema di gestione della qualità (SGQ). Descrivere la norma ISO 9000 e quali sono i suoi principali obiettivi. Fornire la definizione di Qualità secondo la norma ISO 9000. Elencare e spiegare i principi di gestione della qualità su cui si basa la norma ISO 9000. Discutere i passaggi fondamentali per l'implementazione di un SGQ.
- C. Le operazioni di separazione hanno un'importanza fondamentale nella chimica industriale infatti la loro fattibilità ed economicità sono decisive per il successo dei processi chimici che lo richiedono. Per realizzare una separazione è richiesto sempre un dispendio di energia, pertanto l'efficientamento e l'ottimizzazione dei processi di separazione sono temi fondamentali dell'ingegneria industriale in un'ottica di sostenibilità ed ecoefficienza.  
I processi di separazione sono operazioni tecnologiche che separano miscele di due o più componenti in due o più prodotti che differiscono per composizione. Ad esempio l'estrazione della caffeina dal caffè o la distillazione del petrolio per ricavare diversi combustibili (nafta, gasolio, benzina...) sono tipici processi industriali di separazione. Illustrare i principi alla base dei più importanti processi di separazione, a partire dai bilanci di materia e dagli equilibri di fase.
- D. La potabilizzazione dell'acqua è un processo fisico-chimico che consiste nella rimozione delle eventuali sostanze contaminanti dall'acqua grezza. Con il graduale esaurirsi delle sorgenti naturali di acqua potabile, le acque profonde, si sta sempre più ricorrendo all'acqua di origine superficiale presente nel mare, nei fiumi e nei laghi artificiali e non. Queste fonti di approvvigionamento, a causa delle caratteristiche

specifiche dell'acqua e/o del grado di inquinamento, devono essere sottoposte a cicli di trattamenti di potabilizzazione necessari a modificarne le caratteristiche e migliorarne la qualità. Considerando acque di origine superficiale, descrivere le operazioni e i trattamenti necessari alla potabilizzazione, discuterne i punti salienti, nonché gli aspetti legati alla sicurezza dell'utilizzatore finale.

## Traccia 2

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

- A. Descrivere i contenuti del Decreto legislativo 81/08 e come possono essere implementati attraverso l'applicazione della norma UNI EN 45001 che descrive le caratteristiche del Sistema di gestione della salute e sicurezza sul luogo di lavoro. Individuare i principali attori della Sicurezza nei luoghi di lavoro indicandone i principali obblighi eventualmente aiutandosi con degli esempi specifici.
- B. La norma ISO 9000 stabilisce i criteri per un Sistema di gestione della qualità (SGQ). Descrivere la norma ISO 9000 e quali sono i suoi principali obiettivi. Fornire la definizione di Qualità secondo la norma ISO 9000. Elencare e spiegare i principi di gestione della qualità su cui si basa la norma ISO 9000. Discutere i passaggi fondamentali per l'implementazione di un SGQ.
- C. Un cuscinetto a sfere è composto dai seguenti componenti principali: (i) *anello interno*, su cui sono montate le sfere; (ii) *anello esterno*, che racchiude le sfere; (iii) *sfere*, elementi rotanti che riducono l'attrito tra l'anello interno e l'anello esterno; (iv) *gabbia*, un componente che mantiene le sfere equidistanti tra loro e le guida nel loro movimento.

Sono riportati di seguito i principali passaggi nel processo produttivo di un particolare cuscinetto a sfere per applicazioni aeronautiche:

- **Selezione e controllo dei materiali:** I cuscinetti a sfere sono costituiti da acciaio inossidabile.
  - **Produzione anelli:** Il materiale grezzo viene forgiato per ottenere la forma grezza degli anelli interni ed esterni del cuscinetto. La forgiatura viene seguita da un processo di laminazione. Gli anelli vengono successivamente lavorati a tornio per ottenere dimensioni precise e sottoposti a trattamento termico (tempra e successivo rinvenimento) per migliorare la loro durezza e resistenza all'usura. Dopo il trattamento termico, gli anelli vengono rettificati.
  - **Produzione della gabbia:** la gabbia viene prodotta separatamente. Il processo include una lavorazione meccanica, seguita da un trattamento superficiale per migliorare la resistenza all'usura e alla corrosione.
  - **Lavorazione delle sfere:** Le sfere vengono forgiate e poi sottoposte a rettifica e lucidatura.
  - **Assemblaggio:** Le sfere vengono inserite tra gli anelli interno ed esterno. La gabbia viene posizionata per mantenere le sfere equidistanti tra loro.
  - **Lubrificazione e sigillatura:** I cuscinetti a sfere vengono lubrificati per ridurre l'attrito e l'usura.
  - **Controllo di qualità:** I cuscinetti a sfere sono sottoposti a controlli di qualità per assicurare che soddisfino le specifiche tecniche richieste.
  - **Imballaggio:** Una volta approvati i controlli di qualità, i cuscinetti vengono imballati e preparati per la spedizione ai clienti.
1. Rappresentare il processo produttivo di un cuscinetto a sfere utilizzando un formalismo a scelta (esempio: Diagramma di Flusso, Diagramma UML, Schede di Processo). La rappresentazione deve evidenziare le varie fasi del processo e le interazioni tra queste.

2. Definire e descrivere adeguati indicatori di prestazione (KPI) per le diverse fasi del processo produttivo di cuscinetti a sfere. Si illustri il metodo di misurazione per ciascun KPI proposto, evidenziando i vantaggi e le potenziali limitazioni dell'indicatore selezionato.
3. Si consideri un processo di produzione di cuscinetti a sfere per applicazioni aeronautiche. Durante il controllo finale di qualità si esegue la misura dei diametri interni dei cuscinetti.

La Tabella 1 riporta gli scarti medi ( $\bar{x}$ ) rispetto al valore di riferimento e i corrispondenti range ( $R$ ). Si sono considerati 12 campioni di dimensione  $n = 5$ . Sulla base dei dati forniti:

- Calcolare la tolleranza naturale del processo.
- Indicare i limiti di tolleranza naturale.
- Costruire la carta di controllo  $\bar{x} - R$ .
- Interpretare la carta di controllo creata e si specifichi se il processo è in controllo statistico. Se necessario, ricalcolare i limiti di controllo.

*Tabella 1. Analisi degli scarti dei diametri interni dei cuscinetti a sfere. La tabella illustra le medie ( $\bar{x}$ ) e i range ( $R$ ) di scarto rispetto al valore di riferimento per 12 campioni ( $i$ ) ciascuno di dimensione  $n=5$ .*

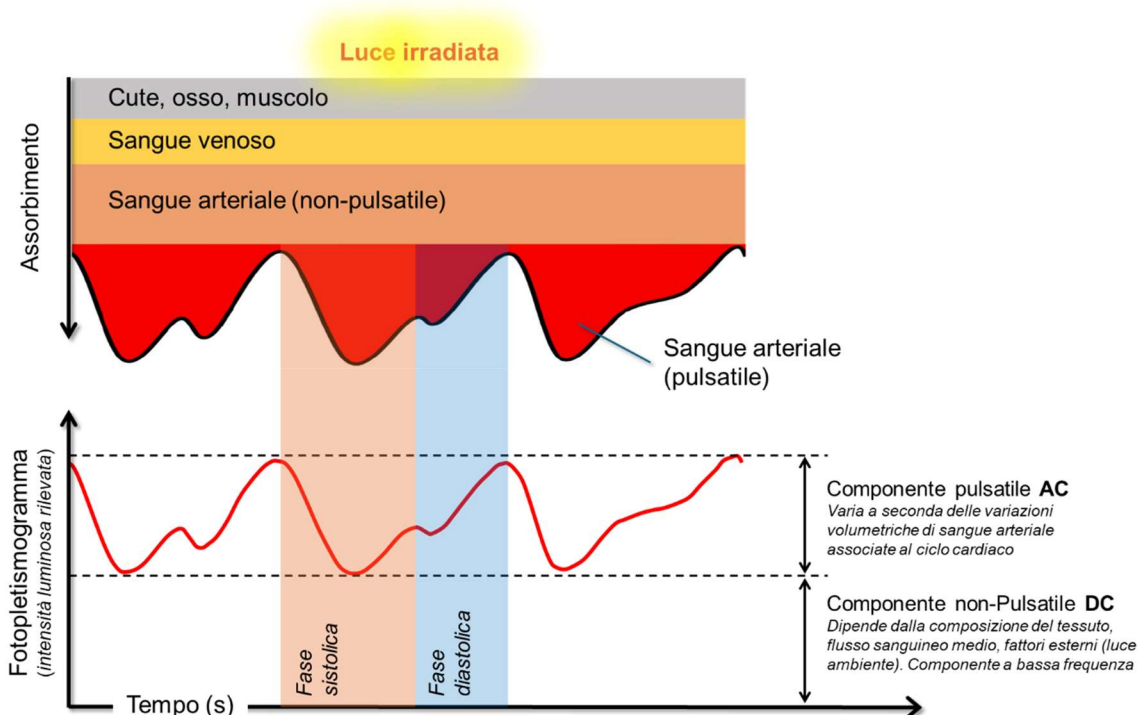
$i$	$\bar{x}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R$ [ $\mu\text{m}$ ]
1	34	3
2	34	4
3	31	4
4	31	4
5	35	5
6	34	6
7	32	4
8	33	3
9	34	7
10	33	8
11	31	3
12	38	9

- D. Nel contesto altamente competitivo della produzione industriale, l'applicazione di strategie di progettazione orientate alla qualità può fare la differenza tra il successo e il fallimento di un prodotto sul mercato. La capacità di un'azienda di integrare principi di qualità fin dalle prime fasi di sviluppo del prodotto assicura l'allineamento con le esigenze dei consumatori.
1. Discutere l'importanza di una progettazione orientata alla qualità per un prodotto.
  2. Nonostante la qualità sia un fattore cruciale, il successo di un prodotto dipende da molteplici variabili. Discutere altri elementi che possono influenzare il successo di un prodotto sul mercato.
  3. Nella progettazione di un nuovo prodotto, il raggiungimento di elevati standard di qualità spesso comporta scelte e compromessi. Discutere i principali trade-off che possono emergere tra qualità, costo e tempo nel ciclo di sviluppo del prodotto.
  4. Il Quality Function Deployment (QFD) è uno strumento per integrare la voce del cliente nel processo di progettazione dei prodotti. Definire il QFD. Illustrare come il QFD può facilitare l'integrazione tra le esigenze dei clienti e le capacità tecniche e produttive di un'azienda. Descrivere la struttura della Casa della Qualità, dettagliando le varie sezioni che la compongono

### Traccia 3

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

- A. Descrivere i contenuti del Decreto legislativo 81/08 e come possono essere implementati attraverso l'applicazione della norma UNI EN 45001 che descrive le caratteristiche del Sistema di gestione della salute e sicurezza sul luogo di lavoro. Individuare i principali attori della Sicurezza nei luoghi di lavoro indicandone i principali obblighi eventualmente aiutandosi con degli esempi specifici.
- B. La norma ISO 9000 stabilisce i criteri per un Sistema di gestione della qualità (SGQ). Descrivere la norma ISO 9000 e quali sono i suoi principali obiettivi. Fornire la definizione di Qualità secondo la norma ISO 9000. Elencare e spiegare i principi di gestione della qualità su cui si basa la norma ISO 9000. Discutere i passaggi fondamentali per l'implementazione di un SGQ.
- C. Il monitoraggio della frequenza cardiaca trova applicazione in diversi contesti, dal controllo di aritmie cardiache associate a condizioni patologiche alla valutazione dell'intensità dell'esercizio fisico. Diversi strumenti possono essere impiegati per la valutazione della frequenza cardiaca. Di particolare interesse sono i dispositivi indossabili, che si basano in maniera predominante sulla tecnica di fotopleletismografia per il rilevamento, in tempo reale, della frequenza cardiaca. Con la tecnica di fotopleletismografia è possibile misurare la variazione del volume di sangue che interessa la circolazione periferica. Le variazioni volumetriche del flusso sanguigno sono quantificate tramite le variazioni di intensità della luce che indice su un sensore ottico (foto diodo). Anche se la luce ambiente può essere utilizzata come sorgente luminosa, sovente si considera un emettitore ottico che opera su lunghezze d'onda nel visibile o nell'infrarosso. Il segnale elettrico che ne deriva ha le caratteristiche illustrate in figura:



Si vuole realizzare un sistema per il monitoraggio della frequenza cardiaca tramite la tecnica di fotopleletismografia, che consenta il rilevamento in tempo reale di valori definiti da 40 bpm a 240 bpm.

Il candidato

1. Progetta e descriva il sistema complessivo a livello di schema a blocchi, dal sensore ottico (foto diodo) alla digitalizzazione delle componenti AC e DC del fotopleletismogramma. 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.
2. Scriva il codice matlab (o pseudocodice) che permetta di calcolare la frequenza cardiaca considerando il fotopleletismogramma nel dominio del tempo: si deve produrre un valore di frequenza cardiaca per ogni battito rilevato con il fotopleletismogramma.
3. Scriva il codice matlab (o pseudocodice) per il calcolo della frequenza cardiaca nel dominio della frequenza, considerando un errore nella stima della frequenza cardiaca non superiore a  $\pm 1$  bpm.

D. Relativamente alle protesi articolari, al candidato si chiede:

- di fornirne una definizione
- di fornirne una classificazione in funzione del sito anatomico che sostituisce
- a seconda del sito anatomico che sostituisce, di farne una classificazione in funzione degli elementi che la compongono
- di indicare i materiali più utilizzati per la loro realizzazione mettendone in evidenza pregi e difetti
- indicarne le cause di fallimento
- per una articolazione a scelta dell'arto inferiore, ipotizzando geometrie e masse in gioco, calcolare il carico articolare nella situazione di appoggio monopodale. Illustrare la risposta con schemi di forze

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

**SEZIONE B**

**I Sessione 2024  
Settore Industriale  
Prova pratica  
31 luglio 2024**

Il candidato scelga di svolgere una delle seguenti due tracce.

**Traccia 1**

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

- A. Descrivere i contenuti del Decreto legislativo 81/08 e come possono essere implementati attraverso l'applicazione della norma UNI EN 45001 che descrive le caratteristiche del Sistema di gestione della salute e sicurezza sul luogo di lavoro. Individuare i principali attori della Sicurezza nei luoghi di lavoro indicandone i principali obblighi eventualmente aiutandosi con degli esempi specifici.
- B. La norma ISO 9000 stabilisce i criteri per un Sistema di gestione della qualità (SGQ). Descrivere la norma ISO 9000 e quali sono i suoi principali obiettivi. Fornire la definizione di Qualità secondo la norma ISO 9000. Elencare e spiegare i principi di gestione della qualità su cui si basa la norma ISO 9000. Discutere i passaggi fondamentali per l'implementazione di un SGQ.
- C. Nell'Ingegneria Chimica sono di interesse i problemi relativi al trasporto di massa, energia e quantità di moto trattati con una formulazione unitaria e coerente, che permette in termini operativi di fornire criteri relativi alla scelta, al dimensionamento e alla verifica delle apparecchiature di interesse nei processi chimici. Si chiede di illustrare i diversi meccanismi di trasmissione del calore e di trasporto di materia, di discutere gli elementi per la corretta impostazione delle equazioni di bilancio di materia ed energia in singole apparecchiature, in apparecchiature a stadi e in sistemi di apparecchiature.
- D. In diversi settori produttivi, dalla lavorazione dei metalli, al chimico, all'alimentare, al conciario, etc. è indispensabile intervenire, mediante l'installazione di sistemi di aspirazione per la captazione e l'abbattimento di fumi e polveri, per avere aria respirabile e ambienti salubri, al fine di garantire e tutelare la sicurezza per le persone che vi lavorano ed in generale dell'ambiente. Illustrare i principali sistemi/impianti di captazione e depurazione di fumi e polveri, nonché le corrette modalità della loro gestione.

## Traccia 2

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

- A. Descrivere i contenuti del Decreto legislativo 81/08 e come possono essere implementati attraverso l'applicazione della norma UNI EN 45001 che descrive le caratteristiche del Sistema di gestione della salute e sicurezza sul luogo di lavoro. Individuare i principali attori della Sicurezza nei luoghi di lavoro indicandone i principali obblighi eventualmente aiutandosi con degli esempi specifici.
- B. La norma ISO 9000 stabilisce i criteri per un Sistema di gestione della qualità (SGQ). Descrivere la norma ISO 9000 e quali sono i suoi principali obiettivi. Fornire la definizione di Qualità secondo la norma ISO 9000. Elencare e spiegare i principi di gestione della qualità su cui si basa la norma ISO 9000. Discutere i passaggi fondamentali per l'implementazione di un SGQ.
- D. Un cuscinetto a sfere è composto dai seguenti componenti principali: (i) *anello interno*, su cui sono montate le sfere; (ii) *anello esterno*, che racchiude le sfere; (iii) *sfere*, elementi rotanti che riducono l'attrito tra l'anello interno e l'anello esterno; (iv) *gabbia*, un componente che mantiene le sfere equidistanti tra loro e le guida nel loro movimento.

Sono riportati di seguito i principali passaggi nel processo produttivo di un particolare cuscinetto a sfere per applicazioni aeronautiche:

- **Selezione e controllo dei materiali:** I cuscinetti a sfere sono costituiti da acciaio inossidabile.
  - **Produzione anelli:** Il materiale grezzo viene forgiato per ottenere la forma grezza degli anelli interni ed esterni del cuscinetto. La forgiatura viene seguita da un processo di laminazione. Gli anelli vengono successivamente lavorati a tornio per ottenere dimensioni precise e sottoposti a trattamento termico (tempra e successivo rinvenimento) per migliorare la loro durezza e resistenza all'usura. Dopo il trattamento termico, gli anelli vengono rettificati.
  - **Produzione della gabbia:** la gabbia viene prodotta separatamente. Il processo include una lavorazione meccanica, seguita da un trattamento superficiale per migliorare la resistenza all'usura e alla corrosione.
  - **Lavorazione delle sfere:** Le sfere vengono forgiate e poi sottoposte a rettifica e lucidatura.
  - **Assemblaggio:** Le sfere vengono inserite tra gli anelli interno ed esterno. La gabbia viene posizionata per mantenere le sfere equidistanti tra loro.
  - **Lubrificazione e sigillatura:** I cuscinetti a sfere vengono lubrificati per ridurre l'attrito e l'usura.
  - **Controllo di qualità:** I cuscinetti a sfere sono sottoposti a controlli di qualità per assicurare che soddisfino le specifiche tecniche richieste.
  - **Imballaggio:** Una volta approvati i controlli di qualità, i cuscinetti vengono imballati e preparati per la spedizione ai clienti.
1. Rappresentare il processo produttivo di un cuscinetto a sfere utilizzando un formalismo a scelta (esempio: Diagramma di Flusso, Diagramma UML, Schede di Processo). La rappresentazione deve evidenziare le varie fasi del processo e le interazioni tra queste.



2. Fornire una descrizione delle lavorazioni eseguite per la produzione degli anelli interni ed esterni in un cuscinetto a sfere (forgiatura, laminazione, tornitura e rettifica).
  3. Descrivere i principali tipi di trattamenti termici che possono essere eseguiti su componenti metallici in ambito industriale, come ad esempio la tempra, il rinvenimento, bonifica e la ricottura. Illustrare come questi trattamenti modificano le proprietà dei materiali metallici.
- C. Si consideri un processo industriale per la produzione di biciclette. Questo processo segue i seguenti passaggi chiave:
- *Progettazione e Ingegnerizzazione*: definizione delle specifiche tecniche della bicicletta e selezione dei componenti che non possono essere prodotti internamente da fornitori esterni.
  - *Approvvigionamento dei Materiali Grezzi e Semilavorati*: I materiali utilizzati nella produzione delle biciclette nel processo in analisi includono barre e tubi di acciaio e alluminio.
  - *Lavorazione dei Componenti*: Questo stadio comprende la produzione dei vari componenti della bicicletta:
    - Telaio: fabbricato tramite saldatura di tubi metallici.
    - Manubrio: fabbricato tramite saldatura di tubi metallici.
    - Forcella anteriore: fabbricata tramite stampaggio.
    - Ruote: Assemblaggio dei cerchi, raggi e mozzi.
  - *Approvvigionamento dei Componenti*: Componenti come copertoni, sellini, pedali, catene, deragliatori, freni, cavi e manopole sono acquistati da fornitori esterni specializzati.
  - *Controllo qualità componenti*: Il controllo di qualità dei componenti prodotti internamente e acquistati esternamente è fondamentale per prevenire problemi durante l'assemblaggio delle biciclette.
  - *Assemblaggio*: Durante l'assemblaggio, i componenti vengono montati insieme. Questo processo è completamente manuale.
  - *Controllo di Qualità prodotto finito*: Dopo l'assemblaggio, ogni bicicletta viene sottoposta a test di qualità.
  - *Verniciatura e Finiture*: Le biciclette vengono poi verniciate e applicate finiture protettive.
  - *Imballaggio e Distribuzione*: Infine, le biciclette vengono imballate in scatole che ne proteggono i componenti durante il trasporto.
  - *Post-Vendita e Supporto*: Dopo la vendita, sono offerti servizi di assistenza e manutenzione, garantendo che i consumatori possano godere a lungo delle loro biciclette.
1. Fornire una definizione di costi fissi e costi variabili di un'azienda. Nel contesto del processo per la produzione di biciclette descritto, identificare e descrivere i principali costi fissi e variabili coinvolti. Specificare tali costi per ciascun passaggio chiave del processo descritto.
  2. Un'azienda produttrice di biciclette sta valutando di automatizzare il suo processo di assemblaggio. Discutere gli impatti che tale investimento potrebbe avere sui costi fissi e variabili dell'azienda.
  3. Un'azienda produttrice di biciclette sta valutando se produrre internamente o acquistare esternamente le ruote per i suoi modelli di biciclette (Make or Buy Decision).

La Tabella 1 riporta i dati che l'azienda ha raccolto per confrontare le due opzioni.

*Tabella 2. Dati per il confronto tra le strategie di Make (Produzione Interna) e Buy (Acquisto Esterno) del componente "ruota di bicicletta".*

<b>Produzione Interna</b>	<b>Acquisto Esterno</b>
Costo fisso annuale per acquisto e manutenzione macchinari 100.000 €	Prezzo di acquisto per ruota da un fornitore esterno 22 €
Costo variabile per unità prodotta 15 €	Costo fisso annuale di gestione del fornitore 20.000 €
Capacità produttiva massima annuale 10.000 ruote	

Sulla base delle informazioni fornite (Tabella 1):

- Calcolare il costo totale annuale di produrre internamente le ruote se l'azienda necessita di 8.000 ruote all'anno.
- Calcolare il costo totale annuale di acquistare le ruote da un fornitore esterno per la stessa quantità.
- Sulla base dei risultati ottenuti, identificare la strategia da consigliare all'azienda (Make or Buy) se la domanda annuale prevista è pari ad 8.000 ruote.
- Determinare il punto di indifferenza in termini di quantità annuale di ruote in cui i costi delle due opzioni (produzione interna e acquisto esterno) sono uguali. Commentare il risultato.