

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PRIMA PROVA SCRITTA
25 luglio 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE



Tema n. 1

Il candidato descriva come l'utilizzo della modellazione agli elementi finiti nello sviluppo delle applicazioni biomediche consenta lo sviluppo di sistemi sempre più efficienti e/o nuove metodiche di analisi. Il candidato metta in luce anche i limiti di tale metodo di modellazione presentando almeno un esempio pratico.

Tema n. 2

Il candidato descriva i principi ed i metodi che portano allo sviluppo di costrutti cellularizzati per applicazioni nella Medicina Rigenerativa. Il candidato discuta l'argomento analizzando un caso pratico e mettendo in luce vantaggi e limitazioni.

Tema n. 3

Il candidato descriva il ruolo delle equazioni di bilancio di massa e di energia nella progettazione di operazioni unitarie, con particolare riferimento ai processi reattivi. Il candidato faccia riferimento ad esempi ed applicazioni di interesse industriale.

Tema n. 4

Il candidato illustri i principi fondamentali dei processi di separazione liquido-liquido, includendo aspetti termodinamici e fenomeni di trasporto. Il candidato faccia riferimento ad esempi ed applicazioni di interesse industriale.

Tema n. 5

Il processo di elettrificazione generalizzata dei processi industriali e civili rappresenta una delle evoluzioni tecnologiche chiave per la transizione green, che viene ritenuta sempre più urgente e necessaria per contrastare il cambiamento climatico e migliorare la qualità della vita. Dopo aver commentato in generale tale affermazione facendo riferimento ai settori civile, industriale e dei trasporti, nonché a quello della generazione da fonti rinnovabili, soffermarsi su uno di tali ambiti descrivendo i potenziali vantaggi in rapporto alle tecnologie convenzionali ed evidenziando le eventuali criticità ancora aperte.



Tema n. 6

Il cambiamento climatico sta imponendo sfide al dimensionamento ed esercizio delle infrastrutture incluso il sistema elettrico, sia per quanto riguarda i sistemi di trasmissione e distribuzione, che gli impianti di generazione ed accumulo. Dopo aver descritto la struttura del sistema elettrico e le sfide che il cambiamento climatico vi impone, si provveda a dettagliare quali soluzioni tecniche possono essere adottate per adeguare il sistema elettrico a tali sfide.

Tema n. 7

Sistemi a idrogeno

Il candidato descriva il funzionamento e le principali configurazioni impiantistiche di un sistema di produzione, compressione, stoccaggio e utilizzo dell'idrogeno verde.

Si tracci lo schema generale del sistema e si descrivano le tecnologie disponibili per l'elettrolisi, lo stoccaggio (a pressione e criogenico), e l'utilizzo tramite celle a combustibile o combustione diretta. Si discutano le criticità tecniche (es. compressione, sicurezza, rendimento globale) e si propongano soluzioni tecniche per migliorare l'efficienza complessiva del ciclo power-to-X.

Infine, si commenti l'applicabilità di tali soluzioni nel contesto della transizione energetica nei settori industriali e dei trasporti

Tema n. 8

Il candidato esponga la tecnologia dei cicli inversi utilizzati nei vari ambiti del raffrescamento, da quello domestico a quello industriale/commerciale per la conservazione degli alimenti a temperatura controllata, enucleando i componenti principali e i possibili fluidi da utilizzare per la realizzazione del ciclo.

Tema n. 9

Con riferimento agli impianti nucleari BWR di seconda o terza generazione, il Candidato descriva il comportamento del reattore ed illustri gli aspetti del controllo dell'impianto stesso, anche mediante gli opportuni diagrammi e disegni di lay-out.

Tema n. 10

Il Candidato descriva il fenomeno dell'interazione acqua- zircalloy 2 (o zircalloy 4) cui l'elemento di combustibile di un impianto LWR può essere soggetto durante incidentali di perdita del refrigerante primario anche da un punto di vista della cinetica di reazione. Ne indichi inoltre i relativi criteri di progettazione previsti.

Tema n. 11

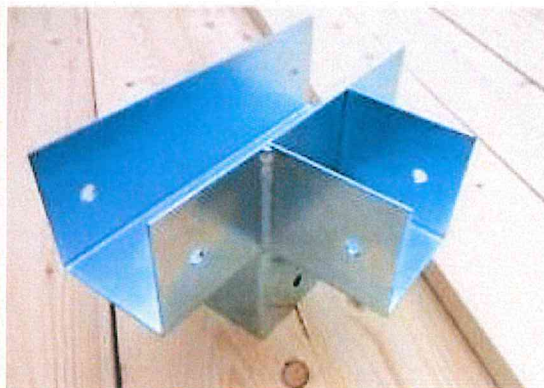
C'è un'attenzione crescente all'uso dell'intelligenza artificiale in decisioni e processi aziendali. I modelli predittivi data-driven sono sostanzialmente di tipo induttivo in quanto apprendono da pattern osservati. Questo porta ad ipotizzare un contesto stabile, mentre la realtà può essere instabile e caratterizzata da eccezioni (si pensi a cigni neri e wild card, ad esempio). Il rischio è quello di suggerire alle imprese che il domani sarà come l'oggi.

Si inquadri il tema delle applicazioni di intelligenza artificiale nelle imprese.

Si discuta in merito ai rischi derivati da un appiattimento della gestione su efficienza ed efficacia, a discapito delle discontinuità.

Si evidenzino le modalità di gestione del rischio di cui sopra.

Tema n. 12



Si consideri il giunto metallico per travi in legno in figura (travi di sezione quadrata 200x200) realizzato partendo da lamiera che poi viene giuntata tramite saldatura. Si ipotizzi una produzione di massa.

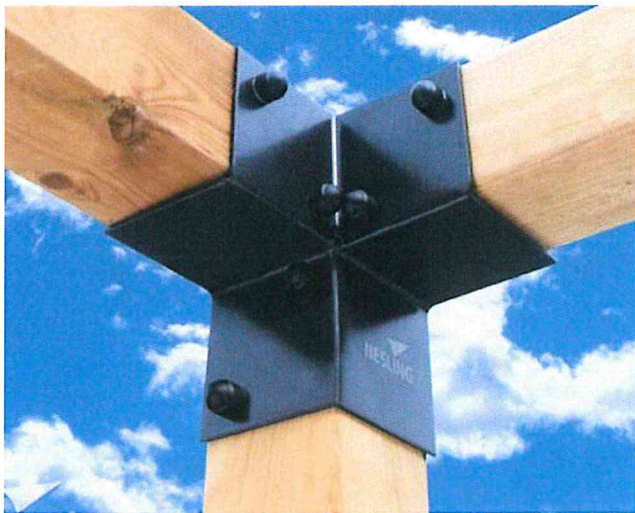
Realizzare un ciclo di lavoro minimizzando il numero di saldature, e di sfridi ipotizzando la partenza da lamiera in bobina.

Effettuare un'analisi dei costi e valutare cicli di lavoro alternativi realizzati con processi non convenzionali.

Qualora il sistema in figura debba essere trasportato in grandi quantità l'occupazione volumetrica del mezzo risulta molto bassa. Fornire un design alternativo del pezzo finalizzato a ridurre i costi di trasporto massimizzando il numero di pezzi trasportati per unità volumetrica.



Il Presidente della Commissione



Handwritten signature

Il Presidente della Commissione

Il giunto angolare invece si è costruito questa struttura aperta che si ipotizzi venga bloccata con i bulloni passanti sfalsati in figura senza far uso di contro piastre collocate nella parte non visibile.

Perché i bulloni sono sfalsati?

Quale tecnologia di produzione si può usare in questo caso?

Fare disegno e ciclo di lavorazione.

Tema n. 13

Nella progettazione meccanica, l'analisi della risposta vibratoria di un sistema alle eccitazioni riveste un ruolo di primaria importanza. Si descrivano in dettaglio i concetti fondamentali relativi alle vibrazioni libere e forzate di sistemi meccanici a uno e più gradi di libertà, e si illustrino tali concetti mediante esempi applicativi/progettuali, sulla base delle conoscenze acquisite nel proprio corso di studi.

Il candidato, inoltre, spieghi come procederebbe per stimare la rigidezza di un sistema meccanico complesso al fine di condurre un'analisi a parametri concentrati. Qualora le rigidezze concentrate non fossero costanti (ad esempio funzione dei carichi), si evidenzino le difficoltà introdotte da tale non linearità e si descrivano sinteticamente gli strumenti e le metodologie che verrebbero adottati per affrontare lo studio di sistemi con questa caratteristica

Tema n. 14

La prova di trazione uniassiale riveste un ruolo fondamentale nella caratterizzazione dei materiali di interesse strutturale, in primis per i materiali metallici.

Il candidato descriva il comportamento dei materiali metallici quando sottoposti alla prova di trazione uniassiale, presenti le caratteristiche delle superfici di frattura che

possono essere ottenute, e discuta le proprietà impiegate nella progettazione meccanica di un generico componente che possono essere dedotte da questa tipologia di prova. Il candidato illustri inoltre come queste proprietà meccaniche possano essere implementate in modelli agli elementi finiti adottabili per la simulazione di componenti soggetti a deformazioni elastiche e plastiche.

Infine, il candidato illustri quali altre prove meccaniche possano essere necessarie per fornire proprietà necessarie per la progettazione di un componente, fornendo informazioni circa proprietà locali di una superficie o circa l'effetto di carichi ripetuti nel tempo.



Il Presidente della Commissione

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-21 Ing. Biomedica



Tema n. 1

Il candidato descriva tra tutte le tecnologie di fabbricazione additiva quella che a suo parere porta maggiori vantaggi nell'utilizzo in ambito biomedicale. Si consideri una applicazione di tale tecnologia descrivendo esempi in cui è stata applicata, le sue possibili migliorie e limitazioni.

Tema n. 2

Il candidato descriva il protocollo di imaging che utilizzerebbe - dalla preparazione del campione, all'acquisizione, fino al processing dell'immagine - per valutare la crescita di un biocostrutto, come ad esempio quello auto-assemblato, sotto l'ipotesi che tale costrutto sia sferoidale e cresca in maniera isotropica.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-22 Ing. Chimica



Tema n. 1

Il candidato illustri i principi fondamentali dell'operazione unitaria e delle apparecchiature usate nella distillazione, includendo alcuni dei seguenti aspetti:

1. scelta del tipo di operazione (continua/discontinua);
2. scelta della pressione operativa;
3. valutazione del numero di stadi teorici al variare del rapporto di riflusso;
4. configurazioni particolari dei processi di distillazione;
5. problematiche di controllo;
6. integrazione energetica;
7. descrizioni e rappresentazione delle apparecchiature e dei loro componenti.

Tema n. 2

Il candidato illustri i principali processi di trattamento del gas naturale, prodotto da fonti fossili e/o rinnovabili, al fine di rimuovere i gas acidi associati, includendo i seguenti aspetti:

1. descrizione delle alternative di processo e delle relative apparecchiature;
2. descrizione e rappresentazione degli schemi di impianto;
3. problematiche di controllo;
4. problematiche di sicurezza.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-28 Ing. Elettrica



Tema n. 1

I moderni azionamenti elettrici vengono impiegati per effettuare la trasformazione elettro-meccanica dell'energia in una molteplicità di applicazioni che spaziano dall'ambito civile a quello industriale e dei trasporti, nonché alla generazione da fonti rinnovabili.

Dopo aver scelto un'applicazione significativa di riferimento per la quale si ritenga idonea una delle seguenti tipologie di macchine elettriche trifase:

- 1) macchina sincrona a poli salienti a rotore avvolto;
- 2) macchina sincrona a magneti permanenti incassati;
- 3) macchina a induzione a gabbia;
- 4) macchina asincrona a rotore avvolto;

proporre una struttura associata di azionamento elettrico ispirato a moderni criteri di flessibilità, efficienza e power quality. Descrivere le principali caratteristiche ed il principio di funzionamento della macchina e del convertitore selezionati nonché la relativa logica di controllo, giustificando le scelte effettuate anche in rapporto alle possibili alternative tecnologiche.

Tema n. 2

Il candidato descriva i principali schemi di distribuzione adottati negli impianti d'utenza in media e bassa tensione in accordo alle normative vigenti, descrivendo come viene garantita la protezione dei circuiti e la sicurezza delle persone per ciascuno schema.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-30 Ing. Energetica e Nucleare



Tema n. 1

Analisi fluidodinamica e termodinamica di uno stadio di compressore assiale: confronto tra palettatura simmetrica e asimmetrica

Il candidato consideri uno stadio assiale di compressore operante in condizioni stazionarie, attraversato da un flusso di gas ideale. Si supponga che la velocità assoluta all'ingresso del rotore, la componente assiale e la velocità periferica siano identiche in due diverse configurazioni di palettatura: la prima simmetrica, in cui il salto entalpico è equamente suddiviso tra statore e rotore, e la seconda asimmetrica, in cui la quasi totalità della compressione avviene nel rotore.

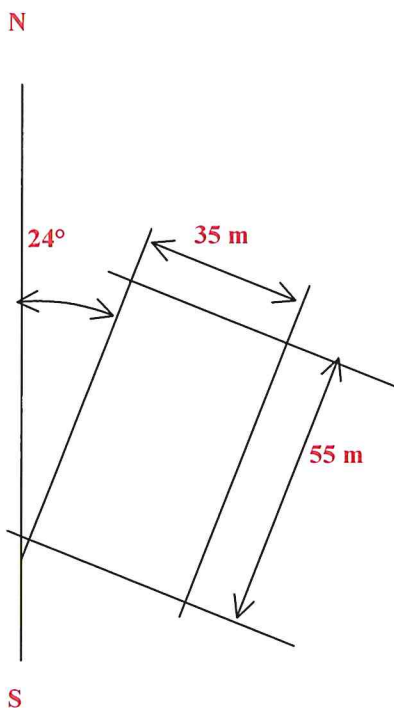
Il candidato disegni, per entrambe le configurazioni, i triangoli di velocità, indicando in modo chiaro le componenti assiali, tangenziali e relative, e ne commenti la struttura. Successivamente, tracci l'evoluzione termodinamica del fluido sul piano entalpia-entropia ($h-s$), evidenziando le differenze tra le due configurazioni in termini di distribuzione del salto entalpico, andamento dell'entropia e posizione dei punti caratteristici relativi a statore e rotore.

Si richiede inoltre di descrivere in modo critico le principali differenze fluidodinamiche tra le due configurazioni, con particolare riferimento alla ripartizione del lavoro tra statore e rotore, alla direzione e all'intensità del flusso relativo, al carico aerodinamico delle palette e alla stabilità del funzionamento. Il candidato analizzi la condizione di massimo rendimento di palettatura in uno stadio assiale, discutendo l'angolo di deflessione ottimale, l'orientamento dei vettori di velocità nei triangoli e le conseguenze sulla scelta della geometria delle palette.

Infine, si richiede di valutare come la scelta tra palettature simmetriche e asimmetriche incida sulla progettazione di un compressore multi-stadio, tenendo conto dell'efficienza globale, del rischio di stallo, della robustezza meccanica delle palette, e della sensibilità a tolleranze costruttive e condizioni operative variabili.

Tema n. 2

Si vuole valutare la possibilità di installare un impianto per il raffrescamento estivo di tipo elio-assistito a servizio di un edificio di nuova costruzione da adibire a polo didattico universitario. L'edificio ha un volume complessivo di circa 9500 m^3 ; le dimensioni in pianta e l'esposizione sono rappresentate nella figura sottostante



Il candidato delinea le possibili soluzioni tecniche per il raffrescamento estivo di questo edificio al variare della zona climatica considerata.


Il Presidente della Commissione

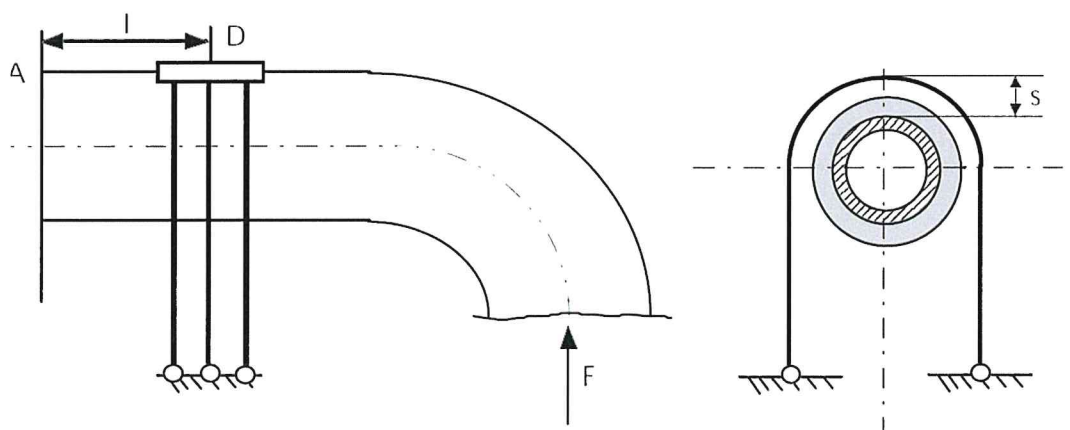
Tema n. 3

Il candidato disegni un lay-out di impianto, quale quello dei reattori ad acqua naturale in pressione (PWR), da cui si evinca il sistema delle tubazioni lato-primario e secondario. Definisca:

- i criteri di progetto previsti dalle ASME III Classi NB, NC, ND, in relazione al livello di qualità tecnologico loro richiesto ed alla classe di sicurezza;
- le possibili condizioni di carico relative alle diverse condizioni operative dell'impianto;
- i principali fenomeni di degradazione in relazione al materiale con cui sono costruite.

Con riferimento ad un impianto da 1000 MWe di rendimento pari a 36%, il candidato esegua un dimensionamento di massima della tubazione del sistema primario ovvero secondario in condizioni di normale funzionamento ed in caso incidentale. Per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione si dovrà fare evidentemente riferimento alle possibili condizioni di carico relative alle diverse condizioni operative dell'impianto, individuate in precedenza. Inoltre, con riferimento alla Fig. 1 il Candidato determini:

- 1) il carico limite di collasso della tubazione nel caso di normale funzionamento dell'impianto;
- 2) l'assorbimento dell'energia cinetica del tratto della tubazione considerata, realizzato mediante il sistema "U joint", costituito da barre a sezione circolare di acciaio inossidabile piegate ad U.



Nella risoluzione si supponga, per semplicità, che i carichi fluidodinamici conseguenti alla rottura possano essere rappresentati da una forza F contenuta nel piano, diretta normalmente al tratto iniziale della tubazione e si trascurino i carichi sismici.

Per il calcolo si faccia riferimento ai seguenti dati:

- diametro nominale esterno della tubazione (D_e): 700 mm
- spessore (t) 4 mm
- lunghezza iniziale del tratto rettilineo della barra (λ_1): 1 m



Il Presidente della Commissione

- diametro della barra (d): 30 mm
- diametro esterno della coibentazione (ϕ_e): 900 mm
- distanza iniziale fra la barra e la superficie esterna della tubazione (a): 150 mm
- caratteristiche AISI 304L: $\sigma_y = 2.8E+8$ Pa; $E = 2.1E+11$ Pa; $\nu = 0.3$
- allungamento permanente della barra ($\Delta\lambda_2/\lambda_2$): 30%
- la velocità dell'acqua nella tubazione: $u = 2$ m/s;

Per i dati mancanti assumere valori plausibili caratteristici del tipo di impianto PWR indicato.

Tema n. 4

Il candidato illustri il ruolo svolto dallo schermo termico in un impianto nucleare PWR indicando quali sono i principali fenomeni che ne possono influenzare il funzionamento.

Il candidato determini le sollecitazioni di origine termica dovute al γ - heating, nell'ipotesi di potenza dell'impianto pari a 1650 MWe, ed esegua un confronto fra le tensioni effettive e quelle flessionali lineari corrispondenti allo stesso momento M.

Nella risoluzione del suddetto quesito, si considerino i seguenti dati:

- spessore dello schermo: $h = 0.05$ m
- temperatura esterna a $h = -0.025$ m : $T_1 = 270$ °C
- temperatura interna a $h = 0.025$ m : $T_1 = 300$ °C
- conduttività del materiale (acciaio): $K = 30$ W/m°C
- sorgente γ : $S_0 = 10^{18}$ γ/m^2s
- energia dei γ : $E = 5$ MeV = $8.011 \cdot 10^{-13}$ J
- coefficiente di assorbimento lineare dell'acciaio per γ da 5 MeV: $\mu = 24.5$ m⁻¹

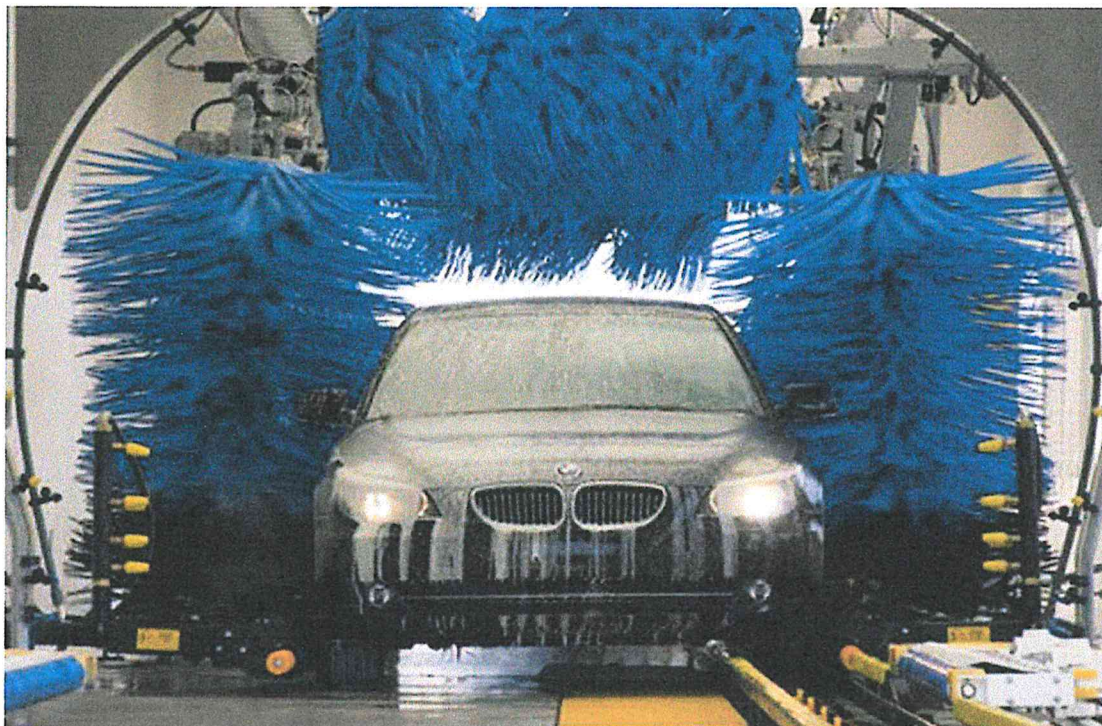
Inoltre, si supponga che lo schermo sia refrigerato dal lato esterno e (indirettamente) dal lato interno.

Per i dati mancanti assumere valori plausibili caratteristici del tipo di impianto PWR indicato.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-31 Ing. Gestionale



Tema n. 1



Fare l'analisi funzionale di un autolavaggio: in particolare si trascuri la spazzola orizzontale e si facciano le semplificazioni che possono ridurre l'analisi senza comprometterne la correttezza ed esaustività.

Ciascuna spazzola verticale è vincolata superiormente tramite una coppia di cuscinetti fissati a una struttura di supporto superiore (gantry) e inferiormente la spazzola è libera.

Il movimento orizzontale della spazzola (avvicinamento e allontanamento rispetto alla carrozzeria) avviene su una guida posta sul gantry. Tale movimento è realizzato tramite un sistema vite-madrevite azionato da un motore elettrico. Ogni spazzola è dotata di un ulteriore motore dedicato alla rotazione del corpo spazzolante attorno al proprio asse verticale, per generare l'azione di lavaggio.

Per seguire il profilo dell'automobile, ogni spazzola è affiancata da un sensore a ultrasuoni analogico. Questo sensore rileva continuamente la distanza dalla superficie del veicolo e invia i dati al sistema di controllo (scheda a microcontrollore che immaginiamo alimentata a 12 volt, non mappare il trasformatore), che regola la posizione orizzontale della spazzola, assicurando un contatto costante ma non dannoso con la carrozzeria.

Il sistema è dotato di una serie di pompe di adduzione attuate dalla scheda e dalle tubazioni preposte alla fornitura di:

- Acqua pulita ad alta pressione
- Soluzioni detergenti o schiumogene
- Acqua demineralizzata per il risciacquo finale



(Non mappare i serbatoi dell'acqua, del detergente e dell'acqua demineralizzata).

Le pompe sono comandate in modo sincrono con il movimento delle spazzole: erogano i liquidi tramite ugelli posizionati in prossimità delle spazzole, in modo da bagnare continuamente la superficie durante il contatto. Questo consente di ridurre l'attrito, favorire la rimozione dello sporco e ottimizzare la distribuzione del detergente.

Al termine della fase di lavaggio e risciacquo, il sistema prevede l'eliminazione delle gocce residue dalla superficie dell'auto. Questo avviene tramite un sistema di soffiaggio ad aria, costituito da una barra orizzontale montata su guide verticali solidali al gantry (non evidente in figura in quanto dietro alla spazzola orizzontale). In questo caso la barra soffiante si può muovere solo verticalmente, mentre il Gantry scorre orizzontalmente.

Dopo aver terminato la mappa funzionale, spiegare funzionalmente perché:

- è necessaria una coppia di cuscinetti
- Le spazzole sono realizzate in materiali come microfibra,
- perché sono splittate in molte strisce e
- perché hanno la forma ad U capovolta in figura

Tema n. 2

Il candidato rediga Stato Patrimoniale e Conto Economico di MARE S.p.A. (articolando le voci di dettaglio delle varie categorie di bilancio, secondo IAS-IFRS), impresa operante nel settore dell'alimentazione biologica, con 3 linee di prodotti, al 31.12.2024, dai quali si desuma:

- una redditività per l'azionista superiore al tasso medio di remunerazione del mercato finanziario
- un capitale proprio pari a 5.000.000€, composto da almeno due tipologie di riserve, in aggiunta a quella prevista per legge (pari al limite obbligatorio)
- una rotazione delle attività pari a 0.5
- un indice di indebitamento pari a 2
- una linea di prodotti è commercializzata con il marchio NaturaBio di una start-up, acquisita da MARE nel 2023
- l'intenzione di vendere un immobile di proprietà, nell'anno successivo
- un grave problema di solidità e di liquidità

(1) Giustificare le scelte effettuate

(2) Presentare la Nota Integrativa al bilancio di cui sopra, evidenziando i criteri di valutazione adottati

(3) Si presenti l'analisi di bilancio completa della situazione finanziaria, economica e patrimoniale, indicando le azioni di miglioramento che potrebbero essere implementate

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
SECONDA PROVA SCRITTA
1° agosto 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-33 Ing. Meccanica



Tema n. 1

Le trasmissioni meccaniche costituiscono un componente fondamentale per il corretto funzionamento dei veicoli e macchinari industriali. La loro progettazione influenza significativamente le prestazioni, l'efficienza e la longevità del sistema. Il candidato è invitato a sviluppare una trattazione sulle trasmissioni ad ingranaggi, considerando i seguenti aspetti:

- quali sono le principali tipologie di ingranaggi impiegati per esempio nei veicoli, quali gli aspetti salienti in relazione alle specifiche applicazioni.
- quali specifiche la trasmissione deve tipicamente soddisfare.
- quali sono le criticità da considerare durante le fasi di progettazione, in relazione alle modalità di guasto che si possono presentare.
- descrivere, con eventuali diagrammi o equazioni di supporto, i passaggi fondamentali necessari per eseguire la progettazione di una trasmissione. Il candidato porti un esempio pratico a propria scelta da elaborare (cambio, differenziale).
- quali strumenti e metodologie si potrebbero adoperare per ottimizzare una trasmissione.

Tema n. 2

I trattamenti termici, applicati ai materiali metallici, consentono di imprimere al materiale proprietà meccaniche e microstrutture significativamente diverse, pur partendo da un'unica composizione chimica.

Il candidato illustri i principali trattamenti termici che vengono adottati su acciai per impegni strutturali, presentando inoltre quali siano le applicazioni tipiche dei materiali ottenibili con ciascun trattamento termico e quali siano le proprietà meccaniche che vengono influenzate in particolar modo dai principali trattamenti adottati nella pratica industriale.

Il candidato illustri in che modo possano essere utilizzate le curve Continuous Cooling Transformation (CCT) di un acciaio ipoeutetoidico per progettare un trattamento termico di tempra ed uno di normalizzazione. Il candidato illustri, inoltre, in che modo possa essere definito il mezzo di tempra e presenti quali informazioni possono essere ottenute da una prova Jominy.

Infine, il candidato illustri in che modo possano essere variate solamente le proprietà meccaniche della superficie del pezzo mediante opportuni trattamenti termici o termochimici, presentando quali siano le possibili applicazioni pratiche dei componenti così ottenuti.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-21 Ing. Biomedica



Tema n. 1

Il/la candidato/a illustri il progetto di una stampella, ponendo attenzione al dimensionamento della struttura e alla scelta dei materiali. Si specifichino le tecnologie di fabbricazione di almeno 2 componenti, giustificando le scelte effettuate. Si illustrino infine i requisiti ed i passaggi necessari per la sua messa in commercio nell'Unione Europea.

Tema n. 2

Il/la candidato/a illustri il progetto di un dispositivo millifluidico per colture cellulari 3D, ponendo attenzione al dimensionamento del dispositivo che garantisca vitalità e benessere cellulare. Si specifichino le tecnologie di fabbricazione e i materiali usati, giustificando le scelte effettuate.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-22 Ing. Chimica



Tema n. 1

Una corrente gassosa, avente la seguente composizione volumetrica:

- CO 38%, CO₂ 2,2 %, H₂ 58,5 %, N₂ 0,2 %, CH₄ 0,1 %, H₂O 1%

viene utilizzata per ottenere gas naturale sintetico, attraverso il seguente processo:

- A) parte della corrente gassosa iniziale entra in un umidificatore.
- B) la corrente umidificata viene inviata a un primo reattore catalitico in cui avviene la conversione del CO a CO₂ secondo la reazione di spostamento del gas d'acqua (Water-Gas Shift).
La conversione di CO per passaggio è pari al 95%. La corrente uscente dal reattore è a 290 °C e 21 bar, e ha una frazione molare di acqua $y_{H_2O} = 0,365$.
- C) La corrente uscente viene mescolata con la corrente che bypassa il reattore in modo da avere un rapporto molare tra idrogeno e ossido di carbonio pari a 3.
La corrente risultante è raffreddata a 50 °C in una apparecchiatura di processo unzionante a 20 bar.
- D) Successivamente, la corrente gassosa è inviata a una colonna per l'abbattimento della CO₂, funzionante a 20 bar. Nella colonna la CO₂ viene eliminata per il 99,6% e la corrente gassosa di processo esce a 50 °C e satura in acqua.
- E) La corrente viene poi inviata ad un secondo reattore catalitico in cui avviene la reazione seguente:
$$CO + 3 H_2 = CH_4 + H_2O.$$

La corrente uscente è all'equilibrio a 350 °C e alla pressione di 18 bar.

Con riferimento ad una base di bilancio di 1000 kmol/h di corrente gassosa iniziale, si richiede di:

1. Calcolare in quali condizioni di umidificazione è possibile ottenere la conversione per passaggio di CO assegnata nel primo reattore catalitico;
2. Calcolare quindi le portate di tutti i componenti in tutte le correnti;
3. Calcolare la potenza termica da scambiare nel secondo reattore;
4. Discutere le principali caratteristiche delle possibili apparecchiature da utilizzare nelle diverse fasi di processo, motivando la scelta;
5. Tracciare un possibile schema di processo.

Tema n. 2

Ad una colonna di distillazione, operante a pressione atmosferica, viene alimentata una miscela di 2-propanolo e acqua alla temperatura di 60 °C, con portata di 7500 kg/h e composizione al 35 % in peso di 2-propanolo.

Si vuole ottenere una corrente liquida al 60% in moli di 2-propanolo, ottenendo a fondo colonna una miscela al 5% in moli di 2-propanolo.

Si richiede di:

1. Determinare portata e composizione delle correnti uscenti dalla colonna, e la % di recupero di 2-propanolo;
2. Valutare il numero minimo di stadi teorici necessari;
3. Valutare il rapporto minimo di riflusso;
4. Stabilire un rapporto di riflusso adeguato al funzionamento della colonna, motivando la scelta;
5. Effettuare il dimensionamento fluidodinamico della colonna alle condizioni stabilite al punto precedente;
6. Effettuare la scelta ed il dimensionamento di massima delle apparecchiature ausiliarie;
7. Disegnare il P&ID semplificato dell'impianto di distillazione;
8. Stimare i costi delle principali apparecchiature progettate.

Per i dati di equilibrio di miscela, fare riferimento ai seguenti:

Component		Temperature, °C	Mole fraction A in		Total pressure, kPa
A	B		Liquid	Vapor	
2-Propanol	Water	100.00	0.0	0.0	101.3
		97.57	0.0045	0.0815	
		96.20	0.0069	0.1405	
		93.66	0.0127	0.2185	
		87.84	0.0357	0.3692	
		84.28	0.0678	0.4647	
		82.84	0.1330	0.5036	
		82.52	0.1651	0.5153	
		81.52	0.3204	0.5456	
		81.45	0.3336	0.5489	
		81.19	0.3752	0.5615	
		80.77	0.4720	0.5860	
		80.73	0.4756	0.5886	
		80.58	0.5197	0.6033	
		80.52	0.5945	0.6330	
		80.46	0.7880	0.7546	
		80.55	0.8020	0.7680	


Il Presidente della Commissione

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-28 Ing. Elettrica



Tema n. 1

Si richiede la progettazione del sistema elettrico di distribuzione per uno stabilimento industriale di nuova realizzazione che sarà composto da due edifici. La fornitura è in media tensione con punto di consegna a 300 metri dal primo edificio (A) e 400 metri dal secondo edificio (B), ciascuno dotato di cabina di trasformazione propria.

Le caratteristiche dell'alimentazione MT sono:

- Tensione nominale: 15 kV
- Potenza di cortocircuito trifase massima: 12.5kA
- Esercizio a neutro compensato con bobina di Petersen

Le caratteristiche dei carichi dei due edifici sono le seguenti:

- Edificio 1: sede degli uffici dello stabilimento e condizionamento
 - Sezione uffici con superficie 1000 m²
 - Sezione server
 - Condizionamento 100 kW $\cos \varphi = 0.88$, posto sul tetto
- Edificio 2: zona di produzione
 - Due motori da 100 kW $\cos \varphi = 0.77$
 - Macchina operatrice 250 kW posizionata all'esterno in posizione limitrofa all'edificio 2
 - Illuminazione dell'area di lavoro: 500 m² interni e 500 m² esterni

Si richiede al candidato di fare il dimensionamento dell'impianto giustificando lo svolgimento, tra cui:

- Dimensionare la distribuzione in media tensione, la taglia dei trasformatori e la potenza convenzionale dell'impianto
- Dimensionare la distribuzione in bassa tensione
- Dimensionare le linee in cavo in media tensione e delle linee in bassa tensione che alimentano il quadro del sistema di condizionamento dell'edificio 1 e della macchina operatrice dell'edificio 2
- Disegnare lo schema unifilare dell'impianto
- Obbligatoriamente descrivere come assicurare la sicurezza delle persone sia nella sezione di media che bassa tensione; eseguire una verifica numerica per un carico in bassa tensione
- Dimensionare la protezione della linea Condizionamento dell'edificio 1 e la prima protezione a monte di esso; discutere il coordinamento della protezione della linea Condizionamento con le protezioni a monte

Il candidato potrà integrare con proprie conoscenze i dati non forniti nel testo, giustificando le ipotesi.

Tema n. 2



Nel contesto di un impianto industriale sono presenti, fra gli altri, gli apparati sotto descritti, che sono collegati alla rete di distribuzione in bassa tensione 230/400V 50Hz servita da una cabina elettrica di proprietà della potenza nominale di 5 MVA:

- A. Macchinario per centrifuga ad asse verticale destinato a funzionamento continuativo comprendente due cestelli identici indipendenti aventi ciascuno raggio $r=1$ m, coppia resistente passiva pari a $C_p=50$ Nm e momento di inerzia a carico normale pari a circa $J_1=450$ kg*m² a inizio ciclo e $J_2=300$ kg*m² a fine ciclo. Il ciclo di lavoro tipico per ciascun cestello a pieno carico è il seguente:
- accelerazione in 15 s da fermo alla velocità nominale di 360 rpm
 - velocità costante per 300 s
 - decelerazione fino all'arresto in 15 s

Ciascun cestello viene mosso da un motore elettrico tramite un cinematismo riduttore di velocità.

Il carico e scarico dei materiali da centrifugare avviene in modo indipendente in ciascun cestello tramite argano esterno supervisionato da operatore attraverso un portello stagno presente sulla parte superiore della cassa, la cui apertura per rotazione su perno verticale è manovrata dall'operatore stesso e permette di accedere a 1/6 della periferia del cestello. Ciascuna vasca di raccolta acqua viene svuotata tramite una pompa elettrica avente velocità nominale 1.5 krpm con prevalenza di 12 m e portata di 100 l/min.

- B. Impianto fotovoltaico con pannelli collocati su tre pensiline metalliche distinte posizionate in adiacenza a copertura di parcheggi auto collocati lontano da edifici, aventi ciascuna una superficie sfruttabile di forma rettangolare con dimensioni di circa 4.5m x 15m. L'impianto è destinato ad autoproduzione nonché a supportare l'alimentazione del sistema di illuminazione esterna, il cui assorbimento nominale è pari a 1.2 kW, con l'ausilio di un sistema di accumulo a batteria.

Assumendo di dover procedere alla relativa progettazione di massima, il candidato provveda a quanto sotto richiesto con riferimento a ciascuno dei due sistemi sopra descritti, stimando in modo ragionevole i dati eventualmente mancanti e motivando le scelte effettuate con riferimento agli aspetti di performance, power quality, efficienza, affidabilità, costo, impatto ambientale.

- A.1) Definire la sequenza operativa della macchina ritenuta funzionalmente più efficiente e le relative logiche base destinate a garantire la sicurezza del sistema e dell'operatore, assumendo che i comandi siano forniti manualmente tramite apposito pannello di controllo ed evidenziando la eventuale necessità di introdurre sensori o altri elementi peculiari.
- A.2) Selezionare i tipi di motore ritenuti più idonei per gestire la movimentazione dei cestelli e della pompa, definendone le principali specifiche dopo aver suggerito un possibile valore del rapporto di riduzione del cinematismo.
- A.3) Selezionare gli eventuali tipi di convertitori di alimentazione e controllo da usare per la gestione dei motori nonché l'architettura complessiva del sistema, assumendo che la macchina disponga di un quadro dedicato.
- A.4) Dimensionare i cavi di connessione a ciascun motore e la linea di alimentazione del quadro della macchina, ipotizzando che abbia lunghezza pari a 30 m e faccia capo direttamente alla sbarra di distribuzione in cabina.
- A.5) Obbligatoriamente valutare i rischi di folgorazione e selezionare di conseguenza le protezioni attive e passive da prevedere, definendone le principali caratteristiche.

- A.6) Selezionare le protezioni da prevedere nel quadro e alla partenza linea di alimentazione per la gestione di sovraccarichi e guasti nella macchina, definendone le principali caratteristiche.
- B.1) Definire la logica di funzionamento complessiva del sistema in funzione della finalità prevista.
- B.2) Definire l'architettura del sistema fotovoltaico con le relative caratteristiche principali, incluso raggruppamento dei pannelli, gestione della batteria e struttura di potenza del sistema di conversione associato, assumendo che i relativi apparati siano collocati all'interno di un unico armadio posto in prossimità delle pensiline.
- B.3) Dimensionare la linea di connessione alla rete assumendo che faccia capo alle sbarre di cabina, nonché i cavi di connessione ai pannelli fotovoltaici.
- B.4) Valutare i rischi di folgorazione tenendo anche conto della collocazione e selezionare di conseguenza le protezioni attive e passive da prevedere, definendone le principali caratteristiche.
- B.5) Selezionare le protezioni da prevedere nel quadro e alla partenza linea di alimentazione per la gestione dei guasti nella macchina, definendone le principali caratteristiche.

Il candidato potrà integrare con proprie conoscenze i dati non forniti nel testo, giustificando le ipotesi. Non è richiesto di scendere a un livello di dettaglio spinto nella descrizione delle caratteristiche delle soluzioni proposte.



Il Presidente della Commissione

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-30 Ing. Energetica e Nucleare



Tema n. 1

Dimensionamento di un impianto fotovoltaico con elettrolizzatore e stoccaggio a 350 bar per il rifornimento di camion a celle a combustibile

Scenario

Un'azienda di logistica intende realizzare un piccolo impianto per produrre idrogeno verde destinato al rifornimento quotidiano di una flotta di autocarri a celle a combustibile (FC). L'impianto sarà alimentato da un campo fotovoltaico (FV), con accumulo dell' H_2 in pacchi bombole a 350 bar e punto di erogazione presso l'autorimessa.

Il candidato deve dimensionare i sottosistemi principali, stimare i bilanci energetici e verificare l'adeguatezza dello stoccaggio.

Dati di progetto

- 1) Sito e risorsa solare
 - Località: Pisa (Italia)
 - Potenza campo FV (DC): 500 kWp
 - Resa specifica annua: 1 400 kWh/kWp-anno
- 2) Produzione e trattamento H_2
 - Elettrolizzatore: 200 kW nominali
 - Tecnologia: PEM
- 3) Compressore e stoccaggio
 - Pressione di stoccaggio: 350 bar
 - Temperatura media di riempimento: 25 °C
 - Volume totale serbatoi: da dimensionare
 - Soluzione di stoccaggio: pacchi bombole Type IV
 - Opzione A: 150 L per bombola
 - Opzione B: 300 L per bombola
- 4) Domanda e dispensing
 - Fabbisogno giornaliero: 30 kg H_2 /giorno
 - Punto di erogazione: cascata HP/MP/LP
- 5) Costanti
 - LHV H_2 = 33,33 kWh/kg
 - T_{ref} = 273 K
 - T_{stocc} $\approx$ 298 K

Attività richieste

1. Calcolare l'energia media giornaliera disponibile dal campo FV e le ore equivalenti di funzionamento dell'elettrolizzatore.
2. Stimare il consumo specifico dell'elettrolizzatore e calcolare la produzione giornaliera di H_2 ; confrontare con il fabbisogno della flotta.
3. Determinare la massa di idrogeno da accumulare e il volume totale dei serbatoi; proporre una configurazione (numero di bombole per le due opzioni).
4. Valutare l'autonomia in giorni alla domanda di 30 kg/giorno.
5. Stimare l'energia richiesta per la compressione fino a 350 bar e confrontarla con valori attesi.
6. Calcolare l'efficienza complessiva elettricità $\rightarrow H_2$ (LHV) e discutere i risultati.
7. Disegnare uno schema impiantistico di massima (PFD/P&ID) e indicare alcune misure di sicurezza.

Tema n. 2

Progettazione di una macchina frigorifera

Il candidato progetti una macchina frigorifera che lavori tra la temperatura di cella di -20°C e una temperatura ambiente di 25°C . Si richiede alla stessa una potenza frigorifera di 10kW.

Si scelga un fluido frigorifero a piacere e si tracci il ciclo termodinamico su tutti i diagrammi di stato conosciuti.

Si calcoli il coefficiente di prestazione, la potenza meccanica spesa nel compressore e le superfici di scambio dell'evaporatore e del condensatore.

Nel caso che la temperatura della cella frigorifera sia -50°C tracciare un doppio ciclo frigorifero e si determinino le portate in gioco e il nuovo coefficiente di prestazione.

Tema n. 3

Il candidato descriva le fasi principali dello scenario incidentale di progetto di rottura di una tubazione del sistema primario ovvero secondario associato ad un sisma base di progetto (SSE) di un impianto nucleare ad acqua leggera di tipo PWR da 1000 MWe di Gen. II o III indicando i criteri di "safety design" previsti.

Definisca le principali caratteristiche dello spettro di risposta del terremoto di intensità 0.3g (durata 20 secondi) da usare per la progettazione delle tubazioni e fornisca una rappresentazione anche grafica dei principali parametri fisici e funzionali che caratterizzano lo scenario incidentale LOCA nel caso di rottura di una tubazione del sistema primario o secondario.

Nell'ipotesi di LB LOCA del circuito primario e che nella prima fase del transitorio si possa trascurare il calore ceduto alle strutture, quello prodotto dal nocciolo del reattore e le forze di getto, il candidato analizzi il comportamento termo-meccanico e le conseguenze in termini di danneggiamento, eseguendo la verifica della capacità resistente di almeno due dei sistemi seguenti:

- 1) sistema di contenimento in cemento armato (assunto avere comportamento isotropo: $\sigma_y = 6E+7$ Pa; $E = 1.98E+10$ Pa; $\nu = 0.2$) avente $D = 50$ m, $H = 60$ m e $t = 0.8$ m;
- 2) camicia in Zircalloy-4 della barretta di combustibile, nell'ipotesi di configurazione del "fuel bundle" 17x17 (le proprietà termo-meccaniche del Zircalloy 4 sono riassunte in Tabella 1)
- 3) tubazione in AISI 304L del sistema primario di diametro 0.8 m e spessore 7 cm.

Per il calcolo si faccia riferimento ai seguenti dati:

- Temperatura del fluido primario: $T_{\text{prim}} = 300^\circ\text{C}$
- Massa dell'aria: $m_a = 69$ tonn
- Temperatura dell'aria: $T_{\text{amb}} = 20^\circ\text{C}$
- Volume libero del contenitore: $V = 80.000$ m³
- Temperatura limite del Sistema di Contenimento: $T_{\text{lim}} = 95^\circ\text{C}$
- Coef. espansione lineare del SA535: $\alpha_{\text{SA535}} = 1.2 \cdot 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- Conduttività del SA535: $k_{\text{SA535}} = 55$ W/mK
- Coef. espansione lineare Zircalloy-2: $\alpha_{\text{Zr}} = 6 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$
- Coef. espansione lineare per l'UO₂: $\alpha_{\text{UO}_2} = 12 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$
- Diametro esterno barretta combustibile: $D_{\text{ext}} = 9.50$ mm
- Spessore della camicia: $t = 0.57$ mm
- Diametro del pellet: $D_{\text{UO}_2} = 8.19$ mm



Tabella 1

Proprietà Zircalloy 4	Valore
Resistenza ultima a trazione @20°C	514 MPa
Resistenza allo snervamento @20°C	381 MPa
Modulo di Elasticità	99.3 GPa
Coef. Poisson	0.37
Coef. espansione lineare @20°C	6 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$
Conducibilità termica	21.5 W/mK

Il Candidato assuma valori plausibili degli eventuali dati che ritenga importanti ai fini delle analisi e che non siano già forniti nel testo d'esame.

Tema n. 4

Il Candidato descriva le problematiche che possono insorgere sul fondo del vessel ("lower head") di un reattore ad acqua leggera (LWR) di seconda generazione nel caso di SA conseguente a un LBLOCA.

Con riferimento ad un impianto da 1000 MWe, il candidato descriva le strategie di In-Vessel Corium Retention (IVCR) e Ex-Vessel Corium Cooling (EVCC), indicando gli eventuali aspetti comuni e differenze.

Infine, con riferimento allo schema del fondo del vessel indicato in Figura 1 (e di materiale AISI 304L: $\sigma_y = 2.8E+8$ Pa; $E = 2.1E+11$ Pa; $\nu = 0.3$), all' IVCR ed ai fenomeni associati alla rilocalizzazione del corium ($T_{\text{corium}} = 1800^\circ\text{C}$) su tale fondo, il Candidato:

- Identifichi i carichi termo-meccanici e le modalità di rottura del lower head;
- Determini la distribuzione di temperatura nel fondo del vessel, assumendo che lo strato di isolamento esterno sia pari a 0.25 m;
- Dimostri l'efficacia della tecnica del core catcher, assumendo che il fondo del vessel sia rivestito da uno strato di materiale basso-fondente di spessore pari a 0.5 m;
- Effettui una verifica della capacità resistente del fondo del vessel, nell'ipotesi di refrigerazione esterna ($T_{\text{acqua}} = 100^\circ\text{C}$).

Nella risoluzione del problema, si faccia riferimento alle proprietà di conducibilità indicate nella tabella 1 e si trascurino eventuali forze e/o effetti secondarie.

Per i dati mancanti assumere valori plausibili caratteristici del tipo di impianto PWR indicato.

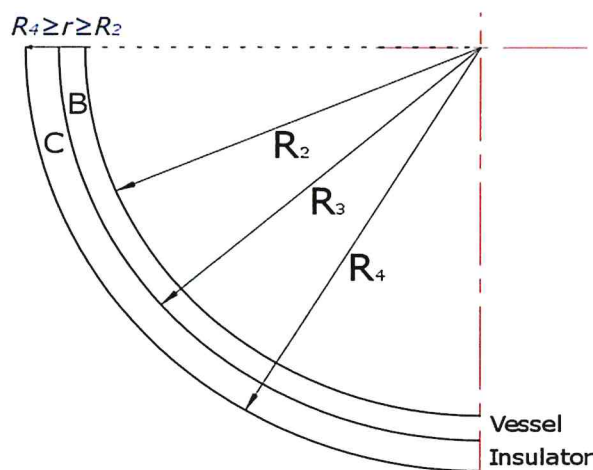


Figura 1- Schema del fondo del vessel


Il Presidente della Commissione

Tabella 1- Conducibilità termica

Regione	Conducibilità termica k [W/mK]
Pressure Vessel	18.00
Core catcher	0.5
Isolante	0.15
Acqua	0.60



Il Presidente della Commissione

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-31 Ing. Gestionale



Tema n. 1

Titolo della prova

Innovazione e sostenibilità nella progettazione di nuovi prodotti e servizi per il settore vitivinicolo e dell'ospitalità: il caso Tenuta di Campagna

Obiettivi della prova

La prova mira a verificare la capacità del candidato di:

- Analizzare un contesto aziendale complesso con strumenti di strategic foresight e scenario making.
- Individuare opportunità di innovazione e proporre soluzioni tecniche, economiche, organizzative e di supply chain.
- Valutare la fattibilità di un progetto innovativo, considerando aspetti tecnici, economici, finanziari e legali.
- Progettare un modello di business e un piano di marketing per il lancio di un nuovo prodotto.
- Applicare metodologie di analisi dei rischi e dei guasti (FMEA/PFMEA).
- Integrare principi di supply chain management e sostenibilità nella progettazione e gestione aziendale.
- Argomentare e sintetizzare in modo critico le scelte effettuate.

Testo della traccia

La Tenuta di Campagna, storica azienda vitivinicola toscana, intende avviare un percorso di innovazione e sostenibilità, esplorando nuove opportunità di business nel settore del vino e dell'ospitalità. Il progetto "Futuro in bottiglia" di Candidato Consulting (team composto di 1 team leader e 3 consulenti senior) propone, tra le varie soluzioni, lo sviluppo di un nuovo prodotto analcolico a base di uva acerba, l'adozione di tecnologie per la personalizzazione dell'offerta e la valorizzazione della filiera tramite sistemi di tracciabilità (blockchain, RFID) e il ripensamento della supply chain in ottica sostenibile.

Svolgere la prova seguendo le indicazioni sotto riportate:

1. Analisi del contesto e individuazione delle opportunità

- Descrivere il contesto aziendale della Tenuta di Campagna, evidenziando le principali sfide e trend del settore vitivinicolo e dell'ospitalità.
- Utilizzando il framework STEEP e le metodologie di scenario making, individuare almeno tre opportunità strategiche per l'azienda, motivando la scelta e collegandole a principi di innovazione e sostenibilità.

2. Supply Chain Management e sostenibilità

- Analizzare la supply chain della Tenuta di Campagna, identificando i principali attori, flussi e criticità.
- Proporre almeno due interventi di miglioramento della supply chain in ottica di sostenibilità (es. riduzione degli sprechi, tracciabilità, economia circolare, digitalizzazione, partnership locali).
- Descrivere come l'introduzione di tecnologie come blockchain, RFID, o sistemi di tracciabilità possa contribuire alla sostenibilità e alla competitività dell'azienda.

3. Studio di fattibilità tecnica ed economica

- Scegliere una delle opportunità individuate (prodotto analcolico a base di uva acerba) e descrivere il processo di analisi di fattibilità tecnica, illustrando le principali fasi e criticità.
- Effettuare una valutazione economico-finanziaria sintetica, stimando costi, ricavi potenziali e ROI, e proporre possibili fonti di finanziamento (inclusi fondi europei, crowdfunding, partnership).

4. Progettazione del prodotto e modello di business

- Definire i requisiti del cliente e traduci almeno cinque bisogni in requisiti funzionali del prodotto, utilizzando la matrice QFD.
- Progettare una strategia di introduzione del prodotto sul mercato, motivando la scelta.
- Descrivere sinteticamente il modello di business adottato (con canvas).

5. Analisi dei rischi e dei guasti

- Illustrare la metodologia FMEA/PFMEA applicata al prodotto scelto, identificando almeno tre potenziali guasti e proponendo azioni correttive.
- Analizzare i rischi legati al lancio del prodotto, considerando aspetti di mercato, reputazione, accettazione da parte del mercato ed impatti sulla supply chain.

6. Piano di lancio del prodotto

- Elaborare un piano sintetico per il lancio del prodotto, indicando le scelte relative a prodotto, prezzo, promozione e distribuzione.
- Argomentare le scelte effettuate e discuti i possibili impatti sull'organizzazione e sul territorio.

Indicazioni generali

- Si possono utilizzare schemi, tabelle, diagrammi e formule ove ritenuto opportuno.
- La prova deve essere strutturata in modo organico, con introduzione, sviluppo e conclusioni.
- È richiesta la capacità di sintesi, argomentazione critica e applicazione di metodologie ingegneristiche.
- Eventuali riferimenti normativi, bibliografici o a casi studio sono graditi.

Tema n. 2

Titolo della prova

Innovazione, sicurezza e valorizzazione nella gestione dei rifiuti ingombranti: il caso EcoGest S.p.A.

Obiettivi della prova

La prova mira a verificare la capacità del candidato di:

- Analizzare un contesto aziendale complesso, utilizzando la PESTEL.
- Valutare i rischi tecnici, ambientali e di sicurezza connessi alla gestione dei rifiuti, utilizzando metodologie di analisi.
- Individuare opportunità di innovazione (un rifiuto specifico) facendo riferimento esplicito a sorgenti di dati da utilizzare per guidare detta individuazione
- Proporre soluzioni tecniche ed IT in materia di raccolta, trattamento e valorizzazione dei rifiuti, valutarne gli impatti economici e finanziari.
- Individuare modelli di business innovativi per la valorizzazione dello specifico rifiuto (upcycling, circular economy, ecc..) e le potenziali partnership industriali sempre in modalità data driven.

Testo della traccia

EcoGest S.p.A. è una società attiva nella gestione dei rifiuti ingombranti conferiti dai cittadini in un impianto di raccolta comunale. Attualmente, l'azienda si limita al trattamento di base dei materiali e allo smaltimento in discarica, ma intende avviare un percorso di innovazione e sostenibilità per migliorare i processi e aumentare la valorizzazione dei rifiuti.

Struttura organizzativa attuale

- Presidente del CdA
- Amministratore Delegato
- Ufficio amministrazione (1 risorsa)
- Ufficio logistica (1 risorsa)
- 4 operatori addetti all'impianto



Il Presidente della Commissione



Il Presidente della Commissione

Dotazioni tecniche

- Trituratrice per organici
- Pressa compattatrice per metalli
- Shredder per plastiche
- Area di raccolta inerti (piastrelle, mattoni, calcinacci da piccoli cantieri edili)
- Demolizione manuale del legno (utensili manuali + motosega per riduzione volumetrica)

Progetto di consulenza

La direzione di EcoGest ha incaricato un team di tre professionisti freelance (un chimico, un ingegnere gestionale e un ingegnere meccanico) di elaborare il progetto "Valore al Rifiuto", finalizzato a:

- identificare rischi tecnici e ambientali nei processi di trattamento;
- ipotizzare tecnologie migliorative per i materiali trattati;
- proporre modalità di valorizzazione dei rifiuti in ottica di economia circolare.

Svolgere la prova seguendo le indicazioni sotto riportate:

1. Analisi del contesto e dei rischi

- Applicare il framework PESTEL al settore dei rifiuti ingombranti.
- Date le tre tipologie di rifiuti (es. legno, plastica, RAEE conferiti occasionalmente) Scegliere strumento ed analizzare i rischi legati a sicurezza operatori, impatti ambientali e reputazione aziendale.

2. Analisi delle opportunità

- Individuare una o più fonti di dati e le tecniche che utilizzereste per analizzarla. Da questa analisi estrarre tre opportunità tecniche di innovazione per EcoGest o su tre rifiuti diversi o tre opportunità sullo stesso rifiuto.
- Applicare un modello di selezione di una singola opportunità

3. Tecnologie

- Sul rifiuto scelto sull'opportunità individuata, proporre almeno due tecnologie/processi migliorativi rispetto alle dotazioni attuali.
- Sul rifiuto scelto sull'opportunità individuata, descrivere l'approccio alla sua digitalizzazione secondo i dettami della RAMI4.0. 4. Studio di fattibilità tecnica ed economica
- Scegliere una tipologia di rifiuto (es. plastica, legno o metalli) e sviluppare un'analisi di fattibilità tecnica per la valorizzazione.
- Effettuare una valutazione economico-finanziaria sintetica (costi, ricavi, ROI, possibili finanziamenti da PNRR, fondi UE o partenariati pubblico-privato).

4. Modello di business e valorizzazione

- Elaborare un business model per la valorizzazione di una tipologia di rifiuto.
- Soffermendosi sui canali di vendita, clienti target e partnership industriali.

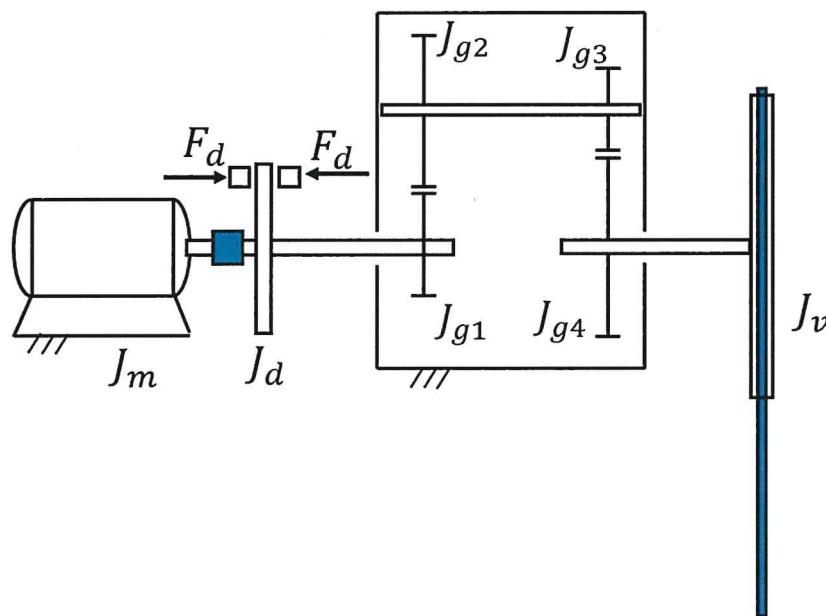
Indicazioni generali

- È possibile utilizzare schemi, tabelle, diagrammi e formule ove opportuno.
- È richiesta capacità di sintesi, argomentazione critica e applicazione di metodologie tipiche del percorso in ingegneria gestionale.

Esami di Stato
Prima Sessione 2025
PROVA PRATICA SCRITTA
9 ottobre 2025
Sez. A – Settore Ingegneria INDUSTRIALE
CLASSE LM-33 Ing. Meccanica



Tema n. 1



Nello schema riportato in figura è illustrato un sistema di distribuzione a catena per un macchinario industriale. Esso comprende un motore elettrico DC di caratteristica $C_m = C_0 - k_m \omega_m$; un freno a disco in serie per arresto rapido; un rotismo ordinario a 2 stadi ed infine una corona che trasmette potenza alla catena di distribuzione. Il sistema di distribuzione assorbe una coppia ridotta alla corona con una caratteristica che è funzione della velocità in uscita $C_u = C_{u0} + k_u \omega_u^2$

Al candidato è richiesto di:

- 1) Dimensionare le ruote dentate della trasmissione evitando soluzioni con dentature affette da interferenza di taglio e che rispettino le specifiche del riduttore
- 2) Dimensionare il freno, minimizzandone la pressione massima, in modo da ottenere un tempo di arresto inferiore a 2 secondi a partire dalle condizioni di regime. Si consideri una forza frenante $F_d = 1 \text{ kN}$; coefficiente d'attrito $\mu = 0.3$ ed angolo di semiapertura della pastiglia $\theta = \frac{\pi}{4}$
- 3) Verificare gli ingranaggi a snervamento in condizioni di avvio/arresto. In fase di frenata il motore è scollegato dalla trasmissione.
- 4) Disegnare lo schema di dettaglio del riduttore dimensionato (non una messa in tavola), includendo supporti, dispositivi di fissaggio e scatola.

Specifiche richieste per il riduttore:

-) Ingombri massimi $200 \times 160 \times 125$ mm
-) rapporto di riduzione $\tau = \frac{1}{11}$ con scostamento del $\pm 3\%$
-) ruote dentate in acciaio temprato e cementato, rettificato, $S_u = 700$ MPa, $S_y = 500$ MPa, $S_{fe} = 1.7$ GPa (resistenza a pitting per 10^7 cicli); larghezza di fascia massima 10 volte il modulo
-) funzionamento per 5000 ore/anno per 5 anni, con affidabilità del 99%, considerando funzionamento a regime.

Dati

-) Inerzia equivalente organi mobili del motore $J_m = 0.1$ kg m²
-) Inerzia del sistema di distribuzione ridotto all'albero corona (corona compresa) $J_v = 3.5$ kg m²
-) Ipotizzare un'efficienza meccanica media di ciascun ingranamento di $\eta = 0.95$ sia per flusso di potenza diretto che retrogrado
-) Coefficienti motore: $C_0 = 15$ Nm, $k_m = 0.003 \frac{\text{Nm}}{\text{rpm}}$
-) Coefficienti caratteristici del carico utilizzatore: $C_{u0} = 100$ Nm, $k_u = 0.001 \frac{\text{Nm}}{\text{rpm}^2}$
-) Momento d'inerzia disco freno considerato pari a $J_d = 0.2$ kg m², a prescindere dal dimensionamento trovato

Il candidato introduca e giustifichi la scelta di eventuali informazioni mancanti.

Al candidato è eventualmente richiesto di introdurre esplicitamente e giustificare tutte ipotesi semplificative.

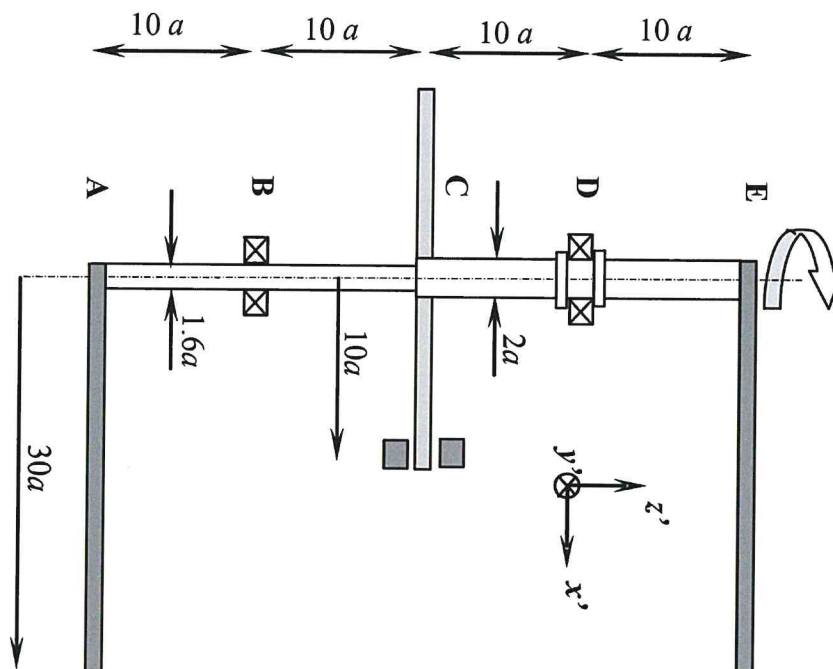
Tema n. 2

Il candidato consideri il sistema meccanico schematizzato nella figura, consistente in albero a due diametri (AE) rotante sui cuscinetti a sfere B e D solidali al telaio (non riportato in figura). In corrispondenza della sezione C sull'albero è stato calettato un disco freno di massa 8 kg e spessore uniforme. Agli estremi sono fissati due bracci uguali, realizzati in acciaio, aventi sezione di 800 mm². Il parametro a è pari a 24 mm.

Durante il suo funzionamento l'albero opera a velocità uniforme pari a 450 rpm e può essere soggetto ad un'azione frenante, applicata tramite due pattini simmetrici sulla periferia del disco freno, tale da arrestare entro 0.35 secondi il moto dell'albero (durante i quali l'azione del freno si mantiene costante).

1. Il candidato tracci i diagrammi qualitativi quotati delle caratteristiche di sollecitazione per l'albero AE nella condizione di inizio frenatura
2. Il candidato selezioni un materiale adatto alla realizzazione dell'albero AE, riportando gli eventuali trattamenti termici necessari (indicando in che fase del processo produttivo vadano eseguiti), e ne effettui la verifica di resistenza statica. Si consideri un funzionamento a velocità uniforme e una condizione di frenatura avente le suddette caratteristiche.
3. Il candidato selezioni due possibili cuscinetti a sfere da utilizzare nei punti B e D, verificando che questi possano sostenere le azioni dovute al moto a velocità uniforme e ad un'applicazione ripetuta di una azione frenante avente le suddette caratteristiche.
4. Ipotizzando che il disco freno sia stato montato per interferenza, il candidato calcoli il valore minimo necessario per garantire che il disco freno sia in grado di trasmettere la coppia necessaria all'albero AE, considerando un coefficiente d'attrito tipico di un contatto tra materiali metallici in assenza di lubrificante o agenti contaminanti. Si riporti una possibile indicazione di tolleranza dimensionale corrispondente alla suddetta condizione.

5. Il candidato illustri, avvalendosi anche di un disegno tecnico semplificato, almeno due possibili soluzioni di montaggio dei bracci in corrispondenza dei punti A ed E e ne illustri vantaggi e svantaggi, tenendo in considerazione processo produttivo, semplicità di montaggio, resistenza strutturale. Il candidato indichi se sia necessario cambiare il materiale utilizzato per realizzare l'albero o il trattamento termico ad esso applicato, anche localmente, rispetto a quanto ipotizzato in precedenza.
6. Si consideri ora un albero rotante a velocità costante pari a 350 rpm , avente dimensioni analoghe all'albero AE riportato in figura, ma collegato mediante cuscinetti a rulli ai due bracci posti in A ed E. Il candidato esegua la verifica a fatica dell'albero AE, considerando che esso sia stato realizzato con il materiale adottato per la verifica statica, una rugosità tipica di un processo di tornitura ed un raggio di raccordo pari a 0.3 mm nella regione di variazione di diametro. Si ipotizzi che il cuscinetto D venga bloccato assialmente mediante anelli Seeger.



Il Presidente della Commissione