



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

TEMA 1: Aerospaziale

Si descriva una missione spaziale per lo studio ravvicinato di una cometa (si possono anche prendere in esame missioni passate), si studino le possibili configurazioni dell'orbita intorno alla cometa (indicando e giustificando i valori quantitativi dei parametri orbitali selezionati), valutandone i vincoli operativi in termini di illuminazione solare, visibilità della Terra, rischi di impatto con detriti cometari e attività scientifica (si giustifichino i vincoli selezionati in termini quantitativi considerando un'analisi non solo qualitativa). Si forniscano le stime quantitative sui parametri orbitali più idonei. Si delinei infine la configurazione dello spacecraft, i payload scientifici e i principali sottosistemi necessari per raggiungere gli obiettivi preposti (anche questi in termini quantitativi e non solo qualitativi).



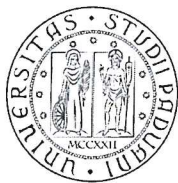
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

TEMA 2: Bioingegneria

Si descrivano le potenzialità dei materiali compositi per le applicazioni nell'ambito biomedicale. Si riportino uno o più esempi specifici che mettano in luce i vantaggi del materiale composito impiegato. Con riferimento ad uno specifico esempio, a scelta, si descrivano i criteri di progettazione qualitativi e/o quantitativi per il dimensionamento del componente in materiale composito.



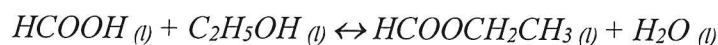
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 3: Chimica

Il formiato di etile ($\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$) è un estere e viene prodotto dall'etanolo ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) e dall'acido formico (HCOOH) attraverso una reazione di esterificazione in fase liquida secondo la seguente equazione:



A tale scopo si intende utilizzare un reattore tubolare da esercire isoterma a 30 °C e a pressione atmosferica.

I reagenti sono alimentati al reattore in rapporto molare 1:5 ($\text{mol}_{\text{HCOOH}} : \text{mol}_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$). La portata totale alimentata è pari a 1.5 m³/h. La densità ponderale della miscela è pari a 850 kg/m³ e la viscosità pari a 1.4 cP, entrambe assunte costanti. È nota anche la conduttività termica della miscela, pari a 0.2 W/(m K) e il calore specifico a pressione costante stimato in 3.1 kJ/(kg K).

La reazione è catalizzata da una piccola quantità di acido solforico.

Alle condizioni date di temperatura e concentrazione di catalizzatore, la velocità di reazione R può essere approssimata da una cinetica del secondo ordine rispetto alla concentrazione di acido formico (C_{HCOOH} , espressa in kmol/m³):

$$R = k \cdot C_{\text{HCOOH}}^2$$

$$\text{con } k = 2.7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{kmol s})$$

Si richiede di:

1. Stimare il volume di reattore necessario per convertire il 75 % di acido formico in estere.
2. Stimare il tempo di residenza medio nel reattore.
3. Dimostrare che la conversione del punto 1 è inferiore a quella di equilibrio (a T e P date). Inoltre, si argomenta qualitativamente una strategia per aumentare la conversione effettiva.
4. Relativamente al volume calcolato al punto 1, stimare il numero di tubi richiesto qualora siano disponibili tubi con diametro interno di 40 mm e lunghezza 4.88 m. Discutere anche il regime di moto realizzato all'interno dei tubi e stimare il coefficiente di scambio termico.
5. Nelle condizioni effettive date, fornire una stima della potenza da scambiare per mantenere il sistema isoterma a 30 °C e stabilire se la reazione sia esotermica o endotermica.

EF



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

Dati

Specie chimica	$\Delta \hat{G}_f^0$ [kJ/mol]	$\Delta \hat{H}_f^0$ [kJ/mol]
Acido formico (l)	-351.2	-425.5
Etanolo (l)	-174.2	-277.5
Formiato di etile (l)	-230.14	-374.6
Acqua (l)	-237.14	-285.3



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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 4: Meccatronica e Automazione

Si consideri il circuito mostrato in *Figura 1a*. La sorgente di tensione continua fornisce $U_i = 48 \text{ V}$ ed è caratterizzata da impedenza di uscita nulla. Tale sorgente alimenta un convertitore buck sincrono, incaricato di adattare il livello di tensione in uscita U_o alle esigenze di un carico a corrente costante $I_o = 5 \text{ A}$. Il carico richiede una tensione continua compresa nell'intervallo $[U_{o,m}, U_{o,M}] = [12 \text{ V}, 36 \text{ V}]$. I condensatori di ingresso C_i e di uscita C_o sono dimensionati in modo da rendere trascurabile il ripple di tensione.

Nel circuito è inoltre utilizzato un amplificatore di differenze basato su OPAMP (si veda *Figura 1b*) per acquisire la corrente i_L che scorre nell'induttore $L = 10 \text{ uH}$. La corrente i_L è misurata tramite una resistenza di shunt R_{sh} , come illustrato in *Figura 1a*. Il segnale v_{sh} viene amplificato e traslato, fornendo il segnale v_{OA} all'ingresso di un convertitore analogico-digitale (ADC). L'intervallo di misura dell'ADC è $[V_{ADC,m}, V_{ADC,M}] = [0 \text{ V}, 3.3 \text{ V}]$.

Utilizzando come nomenclatura quella indicata in *Figura 1*, e considerando le specifiche sopra riportate:

1) Si determini la condizione operativa di massimo ripple, calcolandone il punto operativo (cioè tensione U_o e duty-cycle d). In tale condizione, si calcoli il valore massimo e minimo della corrente nell'induttore i_L , cioè I_M e I_m , rispettivamente.

2) Si dimensioni il guadagno k_{OA} dell'amplificatore di differenze mediante le resistenze R_1 e R_2 tale che:

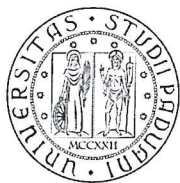
I. lo span di tensione in uscita all'OPAMP alla condizione del punto 1) sia uguale al 90% di quello in ingresso all'ADC, cioè $V_{OA,M} - V_{OA,m} = 0.9 (V_{ADC,M} - V_{ADC,m})$;

II. la corrente assorbita dalla sorgente V_{off} sia uguale a 100 uA , nell'ipotesi $V_{off} = 5 \text{ V}$.

Si consideri l'OPAMP ideale alimentato positivamente a V_{CC} e negativamente a V_{EE} .

3) Si consideri un ADC unipolare a 12 bit, dove il valore esadecimale $N_i = 000$ corrisponde a $v_{ADC} = 0 \text{ V}$ mentre il valore $N_i = FFF$ a $v_{ADC} = 3.3 \text{ V}$. Si definisca il valore di tensione V_{off} da applicare all'amplificatore di differenze, tale che con $N_i = 200 = \text{"0010 0000 0000"}$ si abbia il passaggio per lo zero della corrente dell'induttore, cioè $i_L = 0 \text{ A}$.

4) Si dimensioni un filtro passabasso RC da inserire tra l'OPAMP e l'ADC, cioè collegato tra v_{OA} e v_{ADC} , con frequenza di taglio pari a 1 MHz e minima impedenza d'ingresso pari a $10 \text{ k}\Omega$. Come impedenza di ingresso si consideri quella vista da v_{OA} ipotizzando infinita l'impedenza di ingresso dell'ADC.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

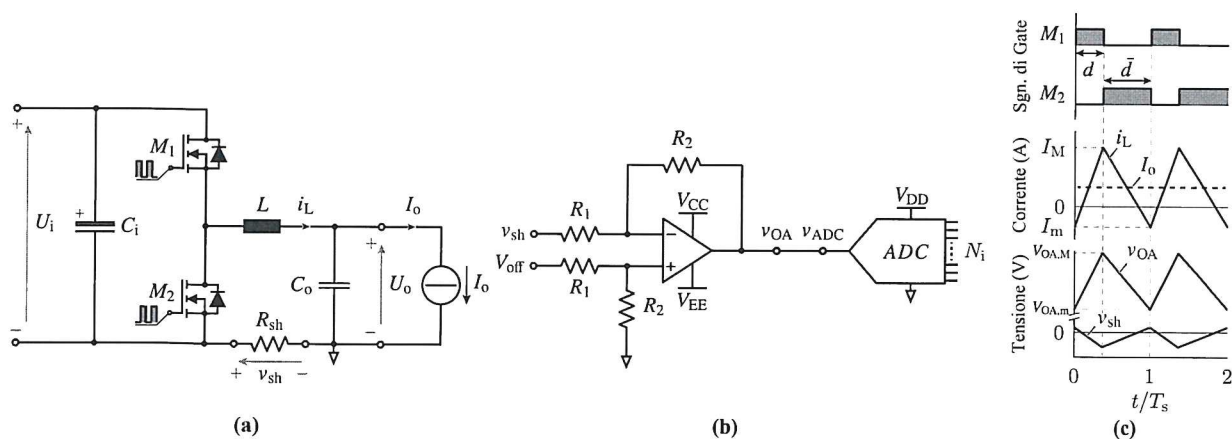


Figura 1

Suggerimento: Il candidato riporti eventuali variabili o valori utilizzati nello svolgimento della prova nella *Figura 1* stessa.

Parametro	Valore	Parametro	Valore
Tensione d'ingresso U_i	48 V	Tensione di riferimento full-scale ADC	3.3 V
Tensione d'uscita minima e massima	12-36 V	Numero di bit ADC	12
Tensione d'alimentazione OPAMP V_{CC}/V_{EE}	+5 V/-5 V	Induttanza L	10 μ H
Tensione d'alimentazione ADC V_{DD}	3.3 V	Resistenza di shunt R_{sh}	100 m Ω
Corrente d'uscita I_o	5 A	Frequenza di commutazione $F_s = 1/T_s$	100 kHz

Tabella 1

Nota: Il candidato assuma eventuali dati mancanti non riportati nel testo e nella *Tabella 1*.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

TEMA 5: Sicurezza

1. Con riferimento al codice di prevenzione incendi D.M. 3 agosto 2015 nel suo complesso, si chiede al candidato di:
 - 1.a Illustrare gli obiettivi generali del codice, mettendo in evidenza le finalità e i metodi di applicazione.
 - 1.b Descrivere l'approccio prestazionale e spiegare gli obiettivi connessi alla definizione degli aspetti procedurali, ai criteri di valutazione del rischio e alla progettazione delle conseguenti misure compensative.
2. Facendo riferimento all'applicazione del codice di prevenzione incendi ad un caso studio specifico scelto dal candidato (impianto, processo, settore), si chiede di:
 - 2.a Dimostrare in che misura il nuovo approccio metodologico adottato dal codice è più aderente al progresso tecnologico e agli standard internazionali.
 - 2.b Approfondire una tra le dieci strategie antiincendio contemplate dal codice.



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

Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025

TEMA 6: Elettrica

Il motore asincrono trifase A è caratterizzato dai seguenti dati:

tensione nominale	V_{1n}	= 380 V	
numero di poli	$2p$	= 2	
Frequenza	f	= 50 Hz	
corrente e fattore di potenza nominali	I_{1n}	= 7.85 A	$\cos\varphi_{1n} = 0.888$
coppia nominale	C_n	= 13.42 Nm	
perdite a vuoto	P_0	= 215 W	
scorrimento nominale	s_n	= 2.82 %	

Determinare:

- 1) il rendimento nominale;
- 2) le perdite nel rame di statore e di rotore in condizioni nominali;

Il motore asincrono trifase B, anch'esso a due poli/50 Hz, presenta invece le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_{1n}	= 380 V
coppia di avviamento a tensione nominale	C_a	= 12.05 Nm
scorrimento nominale	s_n	= 2.43 %

	Prova senza carico meccanico a tensione nominale	Prova a rotore bloccato a corrente nominale
tensione di alimentazione	V_{1n}	72 V
corrente assorbita	2.5 A	$I_{1n} = 7.50$ A
potenza assorbita	175 W	275 W

Determinare, relativamente al motore B:

- 3) i parametri del circuito equivalente semplificato (R_0 , X_0 , R_1 , R_{12} , X).
- 4) il rendimento nominale;
- 5) la caratteristica meccanica a tensione nominale (individuandone almeno cinque punti significativi).

Il motore A funziona in condizioni nominali.

Per migliorare il rendimento della conversione, si vuole valutare la possibilità di movimentare lo stesso carico alla stessa velocità utilizzando in alternativa il motore B, della stessa potenza nominale ma caratterizzato da uno scorrimento nominale inferiore.



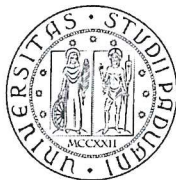
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

Valutare:

- 6) l'incremento di rendimento ottenibile;
- 7) la tensione a cui dovrebbe essere alimentato il motore;
- 8) la variazione della corrente assorbita rispetto al proprio valore nominale.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 7: Energetica

Si abbia un gruppo refrigeratore funzionante con propano. Il gruppo frigorifero è al servizio di una cella frigorifera con superficie di scambio termico pari a 19087 m^2 in cui sono contenute delle derrate alimentari che devono essere mantenute a 5°C . Le pareti della cella frigorifera sono composte da uno strato di materiale isolante di spessore 100 mm e conducibilità termica $0.025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ racchiuso tra due strati di lamiera con conducibilità termica pari a $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, ciascuno spesso 1.2 mm . I coefficienti di scambio termico convettivo sono pari a $9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ sul lato interno e $25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ sul lato esterno.

La temperatura di evaporazione sia di 2°C e quella di condensazione di 46°C . All'uscita dal condensatore si ha liquido saturo e all'uscita dall'evaporatore si ha vapore saturo secco. Oltre all'evaporatore ed al condensatore, si utilizza un terzo scambiatore, il cui obiettivo è quello di surriscaldare di 20°C il vapore in uscita dall'evaporatore. Il vapore surriscaldato viene quindi mandato al compressore e poi al condensatore.

Per surriscaldare il vapore si prendono in esame due soluzioni:

- 1) La prima soluzione prevede di surriscaldare il propano in uscita dall'evaporatore tramite acqua esterna, disponibile a 30°C , assumendo che l'acqua si raffreddi di 5 K e quindi esca dallo scambiatore a 25°C ;
- 2) La seconda soluzione prevede di inserire uno scambiatore rigenerativo, tra il liquido in uscita dal condensatore e il vapore surriscaldato in ingresso al compressore.

Nelle due soluzioni, le condizioni operative di ciclo rimangono le medesime, ivi compresa la potenza frigorifera.

Quesiti

1. La potenza frigorifera necessaria quando la temperatura dell'aria esterna è pari a 30°C .

Con riferimento alla prima soluzione, calcolare:

2. il titolo di vapore del refrigerante in ingresso all'evaporatore;
3. la portata di refrigerante;
4. il flusso termico che viene scambiato nel surriscaldatore;
5. la portata di acqua al surriscaldatore, assumendo un calore specifico per l'acqua costante pari a 4.186 kJ/(kg K) .

Con riferimento alla seconda soluzione, calcolare:

6. il titolo di vapore di refrigerante in ingresso all'evaporatore;
7. la temperatura del refrigerante all'ingresso della valvola di laminazione;



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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

8. la portata di refrigerante;
9. il flusso termico che viene scambiato nel surriscaldatore.

Si commentino in modo opportuno le differenze tra le due soluzioni.

Proprietà del propano in condizioni di saturazione

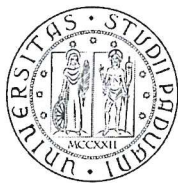
Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità liquido (kg/m ³)	Densità vapore (kg/m ³)	Entalpia liquido (kJ/kg)	Entalpia vapore (kJ/kg)
2	5.0426	525.87	10.989	205.05	576.87
46	15.691	456.17	35.041	325.51	619.06

Proprietà del propano in condizioni di vapore surriscaldato

Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità (kg/m ³)	Entalpia (kJ/kg)
22	5.04	9.9399	612.81

Proprietà del propano in condizioni di liquido sottoraffreddato

Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità (kg/m ³)	Entalpia (kJ/kg)
31	15.69	484.03	282.06
32	15.69	482.32	284.86
33	15.69	480.59	287.66
34	15.69	478.84	290.43
35	15.69	477.07	293.32
36	15.69	475.28	296.16
37	15.69	473.48	299.01
38	15.69	471.66	301.87
39	15.69	469.82	304.79
40	15.69	467.97	307.7



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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 8: Gestionale

Un'azienda manifatturiera realizza due prodotti, PF-I e PF-II, secondo la logica make-to-stock. Le Tabelle 1 e 2 riportano le previsioni di vendita e gli ordini già acquisiti dei due prodotti per i successivi 12 periodi di pianificazione, mentre le Tabelle 3 e 4 riportano le loro distinte base in forma scalare.

L'azienda utilizza questi dati per sviluppare il piano principale di produzione (*Master Production Schedule* – MPS) e definire anche gli *Available To Promise* (ATP) per i due prodotti finiti. L'azienda gestisce inoltre tutti gli articoli utilizzati nella produzione di PF-I e PF-II con logica del *Material Requirements Planning* (MRP), e in particolare utilizza gli output dei record MPS per i prodotti finiti come input per il calcolo dei record MRP.

Tabella 1

PERIODI	1	2	3	4	5	6
Previsioni	10	10	20	30	10	40
Ordini	5	8	12	11	4	23
PERIODI	7	8	9	10	11	12
Previsioni	5	20	5	40	10	50
Ordini	2	11	2	22	5	30

Tabella 2

PERIODI	1	2	3	4	5	6
Previsioni	30	10	5	5	30	10
Ordini	16	5	2	2	18	6
PERIODI	7	8	9	10	11	12
Previsioni	50	10	30	10	40	20
Ordini	26	5	17	6	22	12

Tabella 3

Livello	Codice articolo	Coefficiente d'impiego
0	PF-I	-
.1	SL-I	1
..2	MP-I	200
..2	SL-III	1
...3	MP-II	100
...3	MP-III	200
.1	SL-IV	1
..2	MP-III	100

Tabella 4

Livello	Codice articolo	Coefficiente d'impiego
0	PF-II	-
.1	SL-II	1
..2	MP-I	100
..2	SL-III	1
...3	MP-II	100
...3	MP-III	200
.1	SL-IV	2
..2	MP-III	100

La Tabella 5 riporta – per ciascun articolo – la giacenza iniziale, la scorta di sicurezza, il lead time, il lead time di sicurezza e la politica di riordino (o strategia di pianificazione per l'MPS). Nel caso



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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

per un articolo sia prevista una scorta di sicurezza, l'azienda segue la regola secondo cui la giacenza dell'articolo può scendere fino a, ma non sotto, il valore assegnato alla scorta di sicurezza.

Tabella 5

<i>Codice articolo</i>	<i>Giacenza iniziale (pz)</i>	<i>Scorta di sicurezza (pz)</i>	<i>Lead time (periodi)</i>	<i>Lead time di sicurezza (periodi)</i>	<i>Politica di riordino (o strategia di pianificazione per MPS)</i>
PF-I	30	10	1	-	MPS - strategia a lotto multiplo di 15 pz
PF-II	50	20	1	-	MPS - strategia a lotto multiplo di 20 pz
SL-I	40	15	1	0	Lotto multiplo di 20 pz
SL-II	35	20	1	0	A periodo di copertura fisso di 2 periodi con lotto multiplo di 15 pz
SL-III	55	15	1	1	Lotto minimo di 30 pz
SL-IV	80	20	2	0	Lotto multiplo di 40 pz
MP-I	5000	0	1	0	A fabbisogno con periodo di copertura fisso di 2 periodi
MP-II	5000	1000	2	1	Lotto multiplo di 500 pz
MP-III	30000	2500	1	2	Lotto multiplo di X pz

Si chiede di:

- Disegnare la distinta base ad albero di entrambi i prodotti.
- Calcolare i record MPS, completi anche di ATP, per entrambi i prodotti.
- Simulare l'arrivo dei seguenti ordini per il prodotto PF-II e indicare quali possono essere accettati:
 - ORDINE 1: richiesta di 40 pezzi nel periodo 4
 - ORDINE 2: richiesta di 30 pezzi nel periodo 6
 - ORDINE 3: richiesta di 45 pezzi nel periodo 7
 - ORDINE 4: richiesta di 20 pezzi nel periodo 10

Inoltre, evidenziare sul record MPS i cambiamenti alla luce degli ordini accettati, aggiornando la riga degli ordini, degli ATP e delle scorte (Nota: non è richiesto di rilanciare nuovi ordini MPS – si utilizzino quelli già calcolati per l'integrazione con i record MRP).

- Calcolare i record MRP di tutti gli articoli utilizzati nella produzione di PF-I e PF-II nello stesso orizzonte di pianificazione, tenendo presente che per il periodo 1 è previsto il versamento a magazzino di 3000 unità di MP-II e di altrettante unità di MP-III, mentre per il periodo 2 è previsto il versamento a magazzino di altre 2000 unità di MP-II e di altrettante unità di MP-III.

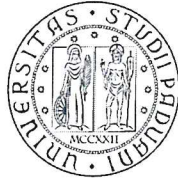


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

- Per finalizzare il record MRP dell'articolo MP-III, calcolare l'entità ottimale del lotto X – ovvero il 'lotto economico' di riordino – sapendo che il prezzo dell'articolo è pari a 40 €/pz, il costo di preparazione di un ordine di acquisto è pari a 6 €/ordine, il tasso di rendimento di un investimento alternativo al tenere l'articolo a scorta è del 5% annuo, e la domanda annua stimata dell'articolo è di 1,500,000 pz.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

*Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025*

TEMA 9: Meccanica e Innovazione del Prodotto

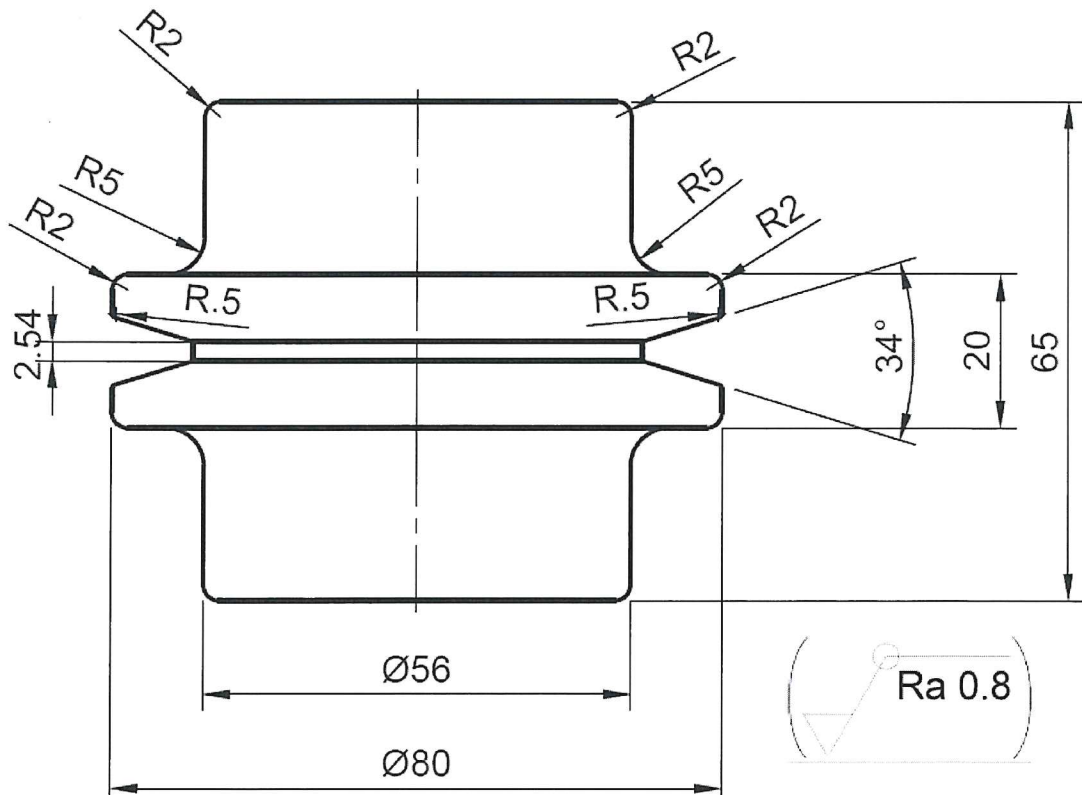


Figura 1. Disegno tecnico della puleggia oggetto di studio. Tutte le dimensioni sono espresse in millimetri.

La puleggia riportata in Figura 1 è ottenuta tramite un processo di forgiatura a impronta, seguito da un'operazione di asportazione di truciolo. È realizzata in acciaio S355, ha una massa di 1.866 kg, una densità pari a $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ed un coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$. La forgiatura a impronta viene eseguita alla temperatura di 1200°C , adottando una velocità dello stampo pari a $V = 0.15 \text{ m/s}$.

EF



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

Si richiede di:

1. Disegnare lo stampo utilizzato nel processo di forgiatura a impronta, motivando in modo appropriato le scelte progettuali adottate.
2. Determinare le dimensioni della billetta di partenza, stimando le opportune perdite di peso dovute (i) all'ossidazione, (ii) alla rimozione della bava. Si trascuri la perdita di materiale dovuta all'operazione di asportazione di truciolo.
Per il calcolo dell'altezza della bava (s) e della sua lunghezza (b) si utilizzino le seguenti formule, dove D rappresenta il diametro del componente in corrispondenza della linea di separazione degli stampi:

$$s = 0.017D + \frac{1}{\sqrt{D + 5}}$$

$$\frac{b}{s} = \frac{62.5}{\sqrt{D}}$$

3. Calcolare la forza di forgiatura calcolando le costanti reologiche del materiale a partire dalla figura sottostante per una deformazione pari a $\varepsilon=0.1$.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

*Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025*

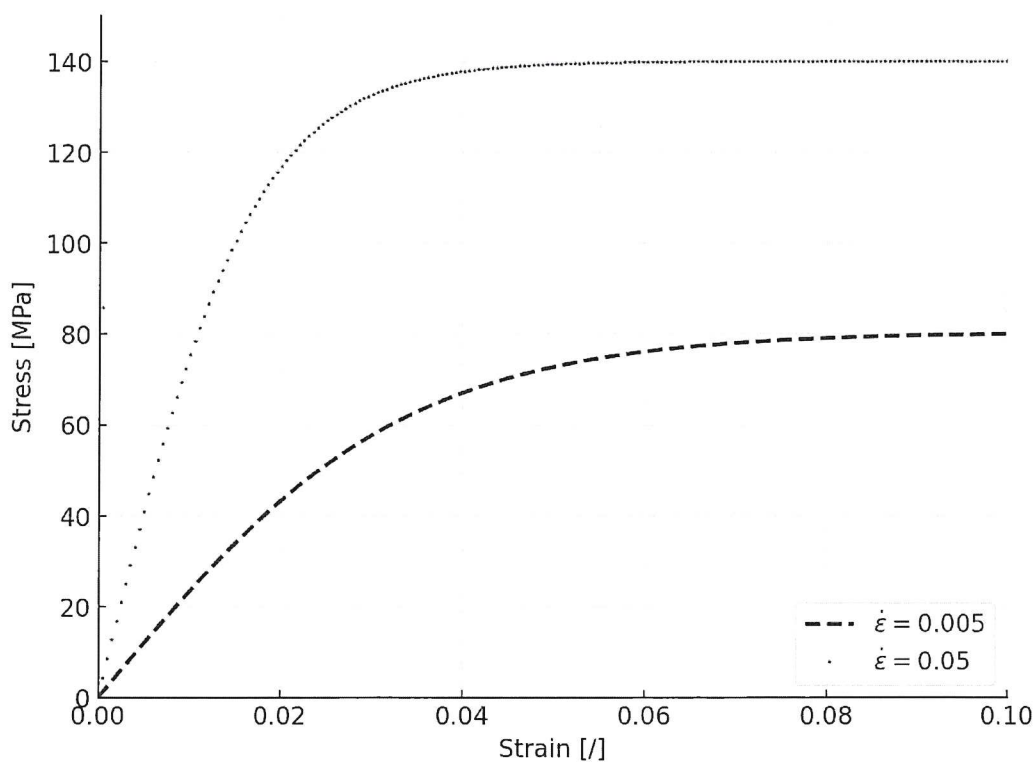
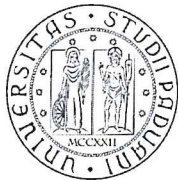


Figura 2. Curve di flusso per l'acciaio S355 a diverse velocità di deformazione alla temperatura del processo.

4. Supponendo di realizzare lo stesso componente interamente mediante asportazione di truciolo, a partire da una barra di diametro 85 mm e lunghezza 70 mm, si confrontino la microstruttura e le proprietà meccaniche ottenute con quelle derivanti dalla catena di processo descritta al punto 1.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

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

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 10: Materiali

Si vuole nitrurare un acciaio da nitrurazione 31CrMoV9 in un forno a gas in continuo.

Il trattamento avviene a 530 °C e 1 bar per una durata di 10 h. L'atmosfera è a base di ammoniaca con riciclo dei gas esausti.

L'analisi dei gas esausti (a valle del reattore, prima del punto di spillamento per il riciclo) fornisce, a secco:

Frazione molare ammoniacale = 0.35

Frazione molare idrogeno = 0.65

I gas esausti, vengono in parte riciclati. Il flusso di gas riciclati ha la stessa composizione del flusso di gas in uscita dal reattore

La portata molare totale dei gas in uscita dal reattore prima del punto di riciclo è pari a 10 moli/min

Il consumo di ammoniaca dovuto alla nitrurazione è pari a 1.5 moli/min

La portata molare di ammoniaca fresca (pura) alimentata al reattore è pari a 2.0 moli/min

Si assuma comportamento di gas ideale e si assuma che la profondità dello strato di composti (coltre bianca) sia approssimata con la legge empirica:

$$x \text{ [mm]} = 0,020 \cdot \sqrt{t \text{ [h]}} \cdot \left(\frac{K_N}{2,0} \right)^{0,25}$$

Calcolare:

- 1- il potenziale di nitrurazione all'interno del reattore
- 2- la profondità dello strato nitrurato (in mm) dopo 10 h di trattamento
- 3- la portata molare totale di ammoniaca in ingresso al reattore (fresca + riciclata)
- 4- la percentuale di riciclo dell'ammoniaca rispetto all'ammoniaca totale uscente dal reattore.