

TOLLERANZE DIMENSIONALI



CAMPO DI TOLLERANZA

L'inevitabile imprecisione dei processi di fabbricazione non consente di realizzare oggetti le cui dimensioni corrispondano esattamente a quelle stabilite dal progetto (dimensioni nominali). Occorre perciò definire il valore massimo e il valore minimo che la dimensione del pezzo può assumere: la differenza tra questi valori limite entro i quali devono ricadere le dimensioni dell'oggetto viene chiamata **campo di tolleranza**.

$$IT = D_{max} - D_{min}$$

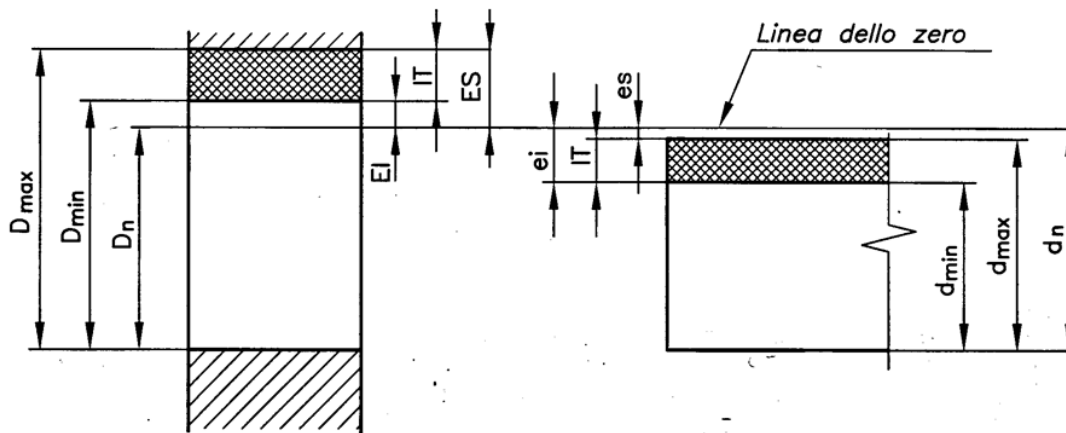
La differenza tra le dimensioni effettive del prodotto e quelle teoriche è rappresentata da una quantità detta scostamento.

Lo **scostamento superiore (Es)** è uguale alla differenza tra la dimensione massima (Dmax) e quella nominale(Dn):

$$\underline{Es = D_{max} - D_n.}$$

Lo **scostamento inferiore (Ei)** è uguale alla differenza tra la dimensione minima (Dmin) e quella nominale(Dn):

$$\underline{Ei = D_{min} - D_n.}$$



Ad esempio, se la dimensione nominale è 30 mm e i limiti inferiori e superiori sono 29,8 mm e 30,2 mm rispettivamente, il campo di tolleranza è $(30,2 - 29,8) = 0,4$ mm e gli scostamenti inferiore e superiore sono $e_i = e_s = 0,2$ mm.

Una classe di tolleranza deve essere designata con una lettera, rappresentante lo scostamento fondamentale, e un numero, rappresentante il grado di tolleranza normalizzato.

Ad esempio:



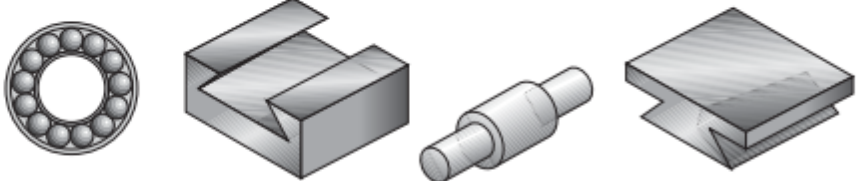
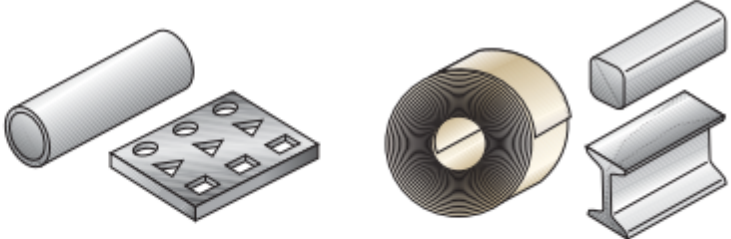
30 H 11

in questo caso 30 rappresenta la dimensione nominale in mm, H la posizione con relativi scostamenti inferiore e superiore, 11 il grado di tolleranza.

Ogni pezzo da lavorare è caratterizzato da un proprio **grado di precisione** , che gli viene assegnato in sede di progetto e da questo dipende il campo di tolleranza della lavorazione, che è tanto più ristretto quanto maggiore deve essere la precisione.

Bisogna tenere presente che a un maggior grado di precisione è associato sempre un costo di produzione maggiore.

Tabella 1 • Gradi di precisione del Sistema ISO ed esempi di applicazione nelle lavorazioni (UNI EN 20286/95)

Grado di precisione	Campi di applicazione
IT 01 IT 0 IT 1	oggetti di altissima precisione come in ottica, in orologeria ecc. 
IT 2 IT 3 IT 4 IT 5	lavorazione di strumenti di misura di alta precisione 
IT 5 IT 6 IT 7 IT 8 IT 9 IT 10 IT 11 IT 12	accoppiamenti meccanici 
IT 12 IT 13 IT 14 IT 15 IT 16 IT 17 IT 18	lavorazioni grossolane (laminazione, trafilatura, stampaggio) 

Stabilito il grado di precisione (o qualità della lavorazione), si determina il valore del campo di tolleranza in funzione della dimensione nominale del pezzo avvalendosi delle tabelle che seguono.

Tabella 2 • Tolleranze per misure che vanno fino a 3150 mm, secondo i gradi di precisione da IT1 a IT18 del Sistema ISO (UNI EN 20286/95)																		
Dimensione nominale in mm	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
	µm											mm						
fino a 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
oltre 3 fino a 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
oltre 6 fino a 10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
oltre 10 fino a 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
oltre 18 fino a 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
oltre 30 fino a 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
oltre 50 fino a 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,20	1,9	3	4,6
oltre 80 fino a 120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
oltre 120 fino a 180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
oltre 180 fino a 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
oltre 250 fino a 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
oltre 315 fino a 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
oltre 400 fino a 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
oltre 500 fino a 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
oltre 630 fino a 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
oltre 800 fino a 1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
oltre 1000 fino a 1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
oltre 1250 fino a 1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
oltre 1600 fino a 2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
oltre 2000 fino a 2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
oltre 2500 fino a 3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

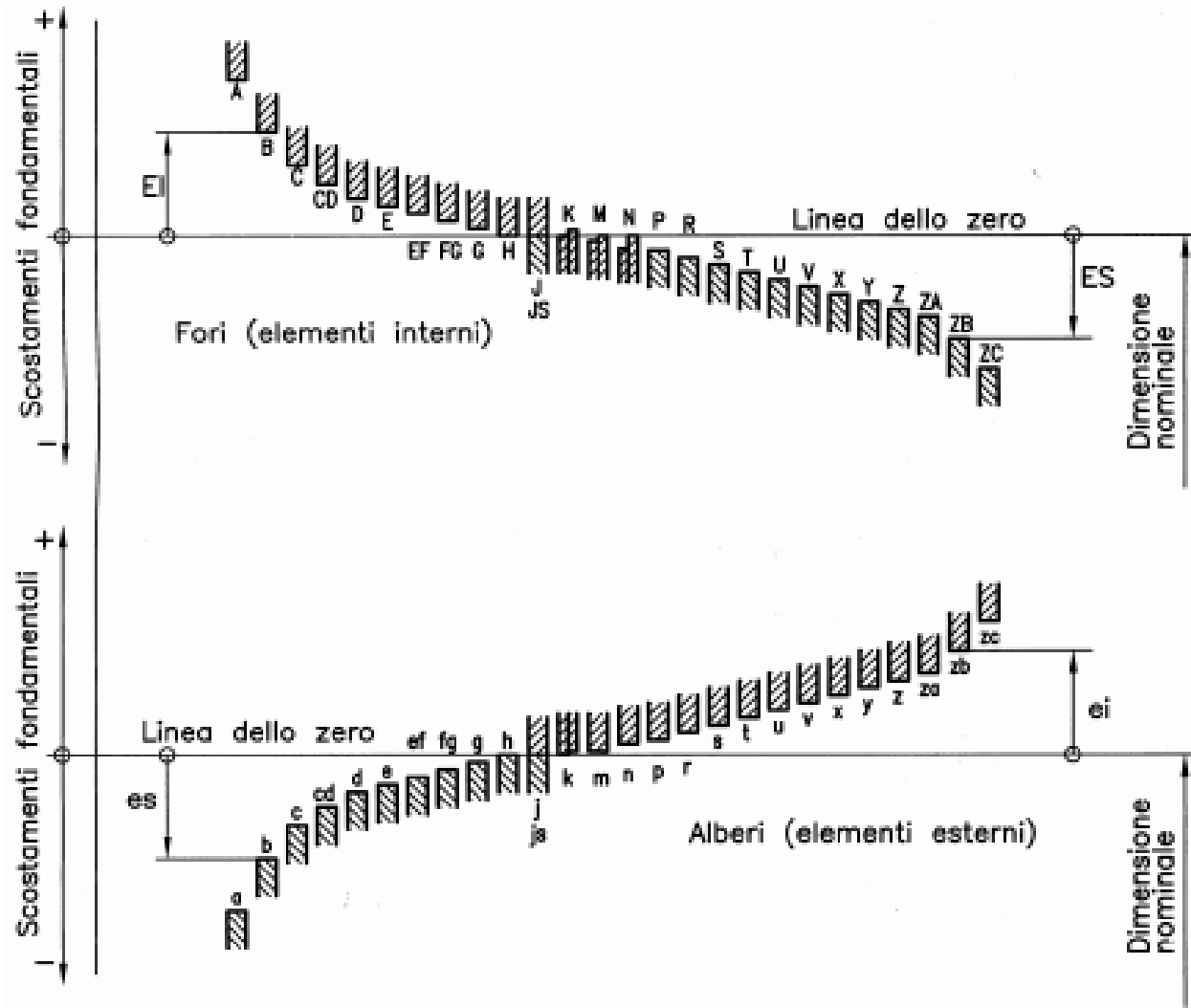
A partire dalla colonna di tolleranza IT 12 l'unità di misura passa da micrometri a millimetri.

Tabella 3 • Tolleranze (in μm) dei gradi di precisione IT01 e IT0 (UNI EN 20286/95)								
Dimensione nominale in mm	IT01	IT0	Dimensione nominale in mm	IT01	IT0	Dimensione nominale in mm	IT01	IT0
fino a 3	0,3	0,5	oltre 30 fino a 50	0,6	1	oltre 250 fino a 315	2,5	4
oltre 3 fino a 6	0,4	0,6	oltre 50 fino a 80	0,8	1,2	oltre 315 fino a 400	3	5
oltre 6 fino a 10	0,4	0,6	oltre 80 fino a 120	1	1,5	oltre 400 fino a 500	4	6
oltre 10 fino a 18	0,5	0,8	oltre 120 fino a 180	1,2	2			
oltre 18 fino a 30	0,6	1	oltre 180 fino a 250	2	3			

I gradi di precisione IT01 e IT0 non sono inseriti nella tabella precedente perché di scarso utilizzo pratico.

L'operazione successiva del calcolo della tolleranza è quella della valutazione dello scostamento del campo di tolleranza dall'asse zero.

Il Sistema ISO limita a 28 il numero delle possibili posizioni del campo di tolleranza rispetto all'asse zero (cioè rispetto alla dimensione nominale del pezzo) sia per gli alberi sia per i fori e le identifica con altrettante lettere (minuscole per gli alberi e maiuscole per i fori), assegnando a ciascuna di esse, in funzione delle dimensioni del pezzo, il valore dello scostamento (superiore o inferiore) dalla linea dello zero.



Il sistema ISO, per ridurre il numero delle combinazioni dei possibili accoppiamenti tra alberi e fori, prevede di mantenere costante la posizione della tolleranza dell'albero e far variare quella del foro (**sistema albero base**) o viceversa (**sistema foro base**) e prende come riferimento la posizione indicata dalla lettera h (nel sistema albero base) o H (nel sistema foro base).

In pratica il sistema albero base rappresenta un insieme di accoppiamenti ottenuti combinando le posizioni di vari fori con la posizione h fissa dell'albero; nel sistema foro base si procede in modo analogo.

Gli scostamenti sono espressi in micrometri (μm) e possono avere segno positivo o negativo a seconda che la dimensione sia rispettivamente minore o maggiore di quella nominale. Come scostamento di riferimento viene sempre considerato quello più vicino alla linea dello zero, detto scostamento fondamentale.

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTI SUPERIORI es											SCOSTAMENTI INFERIORI el																							
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	GRADI DI TOLLERANZA: tutti																		
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	i			k			m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
-	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14			+18		+20		+26	+32	+40	+60			
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19			+23		+28		+35	+42	+50	+80			
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23			+28		+34		+42	+52	+67	+97			
10	14					-50	-32			-16		-6	0	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28			+33		+40		+50	+64	+90	+130			
14	18	-290	-150	-95																							+39	+45		+60	+77	+108	+150			
18	24					-65	-40			-20		-7	0														+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188		
24	30	-300	-160	-110										-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35				+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
30	40					-80	-50			-25		-9	0														+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
40	50	-320	-180	-130																							+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325	
50	65	-340	-190	-140																								+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80	-360	-200	-150		-100	-60			-30		-10	0														+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
80	100	-380	-220	-170																								+84	+110	+130	+158	+190	+230	+280	+360	+480
100	120	-410	-240	-180		-120	-72			-36		-12	0															+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
120	140	-460	-260	-200																								+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
140	160	-520	-280	-210		-145	-85			-43		-14	0															+114	+150	+180	+220	+270	+340	+440	+580	
160	180	-580	-310	-230																								+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
180	200	-660	-340	-240																								+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
200	225	-740	-380	-260		-170	-100			-50		-15	0															+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
225	250	-820	-420	-280																								+158	+230	+280	+340	+425	+520	+670	+880	+1150
250	280	-920	-480	-300																								+170	+250	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
280	315	-1050	-540	-330		-190	-110			-56		-17	0															+184	+270	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
315	355	-1200	-600	-360																								+198	+290	+360	+455	+560	+690	+900	+1150	+1500
355	400	-1350	-680	-400		-210	-125			-62		-18	0															+218	+310	+390	+495	+610	+760	+990	+1280	+1650
400	450	-1500	-760	-440																								+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
450	500	-1650	-840	-480		-230	-135			-68		-20	0															+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
500	560																											+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
560	630					-260	-145			-76		-22	0															+330	+495	+600	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
630	710																											+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2800
710	800																											+400	+600	+740	+920	+1100	+1450	+1900	+2500	
800	900																											+440	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2800	
900	1000																											+480	+720	+890	+1100	+1350	+1750	+2300	+3000	
1000	1120																											+520	+780	+970	+1200	+1500	+1950	+2600	+3400	
1120	1250																											+560	+840	+1050	+1300	+1650	+2150	+2850	+3750	
1250	1400																											+600	+900	+1120	+1400	+1800	+2400	+3150	+4100	
1400	1600																											+640	+960	+1200	+1550	+2000	+2650	+3450	+4500	
1600	1800																											+680	+1020	+1280	+1650	+2150	+2850	+3700	+4800	
1800	2000					-430	-240			-120		-32	0															+720	+1080	+1380	+1800	+2400	+3200	+4200	+5400	
2000	2240																											+760	+1140	+1460	+1900	+2500	+3300	+4300	+5500	
2240	2500																											+800	+1200	+1540	+2000	+2650	+3500	+4500	+5800	
2500	2800																											+840	+1260	+1620	+2100	+2800	+3700	+4800	+6200	
2800	3150																											+880	+1320	+1700	+2200	+2950	+3900	+5000	+6500	

ITn, dove n è il valore del grado di tolleranza IT
Scostamenti = ± $\frac{ITn}{2}$

DIMENS. NOMINALE mm		SCOSTAMENTI INFERIORI EI											SCOSTAMENTI SUPERIORI ES																				
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti											IT6	IT7	IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT7	GRADI DI TOLLERANZA SUPERIORI A IT7										
oltre	fino a	A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J _s ²⁾	J	K ³⁾	M ³⁾	N ³⁾	P&ZC ³⁾	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC			
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0		+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4		-18		-20		-26	-32	-40	-60		
	3	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	0	-4+Δ	-4	-8+Δ	0		-23		-28		-35	-42	-50	-80		
	6	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	0	-6+Δ	-6	-10+Δ	0		-28		-34		-42	-52	-67	-97		
	10																																
	14	+290	+150	+95		+50	+32							+6	+10	+15	-1+Δ	0	-7+Δ	-7	-12+Δ	0		-18	-23	-28		-40	-50	-64	-90		
	18																																
	24	+300	+160	+110		+65	+40							+8	+12	+20	-2+Δ	0	-8+Δ	-8	-15+Δ	0		-22	-28	-35		-60	-77	-108	-150		
	30																																
	40	+310	+170	+120		+80	+50							+10	+14	+24	-2+Δ	0	-9+Δ	-9	-17+Δ	0		-26	-34	-43		-112	-148	-200	-274		
	50																																
	65	+340	+190	+140		+100	+60							+13	+18	+28	-2+Δ	0	-11+Δ	-11	-20+Δ	0		-32		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	
	80																																
	100	+380	+220	+170		+120	+72							+16	+22	+34	-3+Δ	0	-13+Δ	-13	-23+Δ	0		-37		-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	
	120																																
	140	+460	+260	+200		+145	+85							+18	+26	+41	-3+Δ	0	-15+Δ	-15	-27+Δ	0		-43		-60	-80	-97	-114	-136	-180	-242	
	160																																
	180	+520	+280	+210		+170	+100							+22	+30	+47	-4+Δ	0	-17+Δ	-17	-31+Δ	0		-50		-70	-90	-109	-129	-150	-200		
	200																																
	225	+740	+380	+260		+190	+110							+25	+36	+55	-4+Δ	0	-20+Δ	-20	-34+Δ	0		-56		-77	-100	-120	-140	-160	-210		
	250																																
	280	+820	+420	+280		+210	+125							+29	+39	+60	-4+Δ	0	-21+Δ	-21	-37+Δ	0		-62		-84	-110	-130	-150	-180	-240		
	315																																
	355	+1200	+600	+360		+230	+135							+33	+43	+66	-5+Δ	0	-23+Δ	-23	-40+Δ	0		-68		-90	-120	-150	-180	-220	-290		
	400																																
	450	+1650	+840	+480		+260	+145																										
	500																																
	560																																
	630																																
	710	+290	+160			+290	+160																										
	800																																
	900	+320	+170			+320	+170																										
	1000																																
	1120	+350	+195			+350	+195																										
	1250																																
	1400	+390	+220			+390	+220																										
	1600																																
	1800	+430	+240			+430	+240																										
	2000																																
	2240	+480	+260			+480	+260																										
	2500																																
	2800	+520	+290			+520	+290																										
	3150																																

Scostamenti = $\frac{IT_n}{2}$, dove n è il valore del grado di tolleranza IT

Valori come per i gradi di tolleranza normalizzati sopra IT7 incrementale da Δ

ESEMPIO:

Si voglia calcolare lo scostamento dell'albero
35 g 10.

1. determinare l'ampiezza del campo di tolleranza IT



Tabella 2 • Tolleranze per misure che vanno fino a 3150 mm, secondo i gradi di precisione

Dimensione nominale in mm	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11
	μm										
fino a 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60
oltre 3 fino a 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75
oltre 6 fino a 10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90
oltre 10 fino a 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110
oltre 18 fino a 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130
oltre 30 fino a 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	63	100	160
oltre 50 fino a 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190



$$IT = 100 \mu\text{m}$$

35 g 10

2. individuare l'entità dello scostamento

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTI SUPERIORI es											
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti											
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j
-	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0	
14	18												
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0	
24	30												
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0	
40	50	-320	-180	-130									
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0	
65	80	-360	-200	-150									

$$es = -9 \mu\text{m}$$

35 g 10

3. Calcolare dimensione massima e minima:

DATI

$$d_n = 35 \text{ mm}$$

$$IT = 100 \text{ } \mu\text{m}$$

$$es = -9 \text{ } \mu\text{m}$$

$$d_{\max} = d_n + es = 35 - 0.009 = \mathbf{34.991 \text{ mm}}$$

$$d_{\min} = d_{\max} - IT = 34.981 - 0.1 = \mathbf{34.891 \text{ mm}}$$

ACCOPIAMENTI

La valutazione delle tolleranze è particolarmente importante nelle lavorazioni di pezzi che devono essere accoppiati.

Vengono chiamati **accoppiamenti** alcuni elementi fondamentali dei complessi meccanici, definiti come “connessioni di due pezzi, l’uno interno (albero) e l’altro esterno (foro)”.

Si possono avere tre casi:

- accoppiamento con **giuoco**, si ha quando la dimensione massima dell'albero è inferiore alla dimensione minima del foro;
- accoppiamento con **interferenza**, si ha quando la dimensione minima dell'albero è maggiore di quella massima del foro;
- accoppiamento **incerto**, si ha quando i campi di tolleranza di albero e foro si intersecano, per cui si potranno avere, di volta in volta, giuoco o interferenza .

Le tolleranze dimensionali sono di solito applicate alle quote funzionali del disegno. Per tutte le quote non oggetto di specifica tolleranza si fa riferimento alle **tolleranze generali**.

Classe di tolleranza		Scostamenti limite ammessi per classi di dimensioni nominali (in mm)							
Designazione	denominazione	da 0,5 a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossolana	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	molto grossolana	-	-	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8