

# LABORATORY WORK

**Discrete random variable  
and binomial distribution law  
(task 1 and task 2). Continuous  
random variable and normal  
distribution law (task 3)**

# TASK 1

There is a random variable  $X$ . Calculate numerical characteristics  $M(X)$ ,  $D(X)$  and  $\sigma(X)$ , the mode  $M_o$  and the median  $M_e$ . Find a distribution function  $F(X)$  of a random variable  $X$ . Draw a distribution polygon.

$x_i$	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
$p_i$	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>

# Solution in Microsoft Excel:

## Fill in the initial data

	A	B	C	D	E	F	G
1		Discrete random variable					
2		xi	5	10	15	20	TOTAL
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the sum of all probabilities:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Discrete random variable								
2		xi	5	10	15	20	TOTAL			
3		pi	0,2	0,3	0,4	=СУММ(C3:F3)				

Аргументы функции

СУММ

Число1 C3:F3 = {0,2;0,3;0,4;0,1}

Число2 = число

= 1

Суммирует аргументы.

**Число1:** число1;число2;... от 1 до 255 аргументов, которые суммируются. Логические и текстовые значения игнорируются.

Значение: 1

[Справка по этой функции](#)

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the sum of all probabilities:

	A	B	C	D	E	F	G
1		Discrete random variable					
2		xi	5	10	15	20	TOTAL
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1

# Mathematical expectation

$$M(X) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i = x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the products $x_i \cdot p_i$

	A	B	C	D	E	F	G
1		Discrete random variable					
2		$x_i$	5	10	15	20	TOTAL
3		$p_i$	0,2	0,3	0,4	0,1	1
4		$x_i \cdot p_i$	=C2*C3				



# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the products $x_i \cdot p_i$

	A	B	C	D	E	F	G
1		Discrete random variable					
2		xi	5	10	15	20	TOTAL
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1
4		xi*pi	1	3	6	2	

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the mathematical expectation  $M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Discrete random variable								
2		xi	5	10	15	20	TOTAL			
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1			
4		xi*pi	1	3	6	=СУММ(C4:F4)				
5							СУММ(число1; [число2]; ...)			

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the mathematical expectation  $M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)

# Variance (the first formula)

$$D(X) = \sum_{i=1}^n (x_i - M(X))^2 \cdot p_i$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the difference  $x_i - M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	=C2-\$G\$4					

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the difference  $x_i - M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the square of the difference  $xi - M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	=C5^2					

**Use keys SHIFT and 6 in order to get ^**

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the square of the difference  $x_i - M(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		$x_i$	5	10	15	20	TOTAL	
3		$p_i$	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		$x_i \cdot p_i$	1	3	6	2	12	$M(X)$
5		$x_i - M(X)$	-7	-2	3	8		
6		$(x_i - M(X))^2$	49	4	9	64		



# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the product  $(x_i - M(X))^2 \cdot p_i$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	=C6*C3					

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the product  $(xi - M(X))^2 * pi$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4		

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the variance $D(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Discrete random variable								
2		xi	5	10	15	20	TOTAL			
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1			
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8				
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64				
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	=СУММ(C7:F7)				
8							СУММ(число1; [число2]; ...)			

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the variance $D(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)

# Variance (the second formula)

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2$$

where

$$M(X^2) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot p_i$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the product  $xi^2*pi$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	=C2^2*C3					

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the product  $x_i^2 \cdot p_i$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		$x_i$	5	10	15	20	TOTAL	
3		$p_i$	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		$x_i \cdot p_i$	1	3	6	2	12	$M(X)$
5		$x_i - M(X)$	-7	-2	3	8		
6		$(x_i - M(X))^2$	49	4	9	64		
7		$(x_i - M(X))^2 \cdot p_i$	9,8	1,2	3,6	6,4	21	$D(X)$
8		$x_i^2 \cdot p_i$	5	30	90	40		

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate $M(X^2)$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )



# Solution in Microsoft Excel:

## Let's get values

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	=G4					
13		1st D(X)						
14		2nd D(X)						

# Solution in Microsoft Excel:

## Let's get values

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	=G7					
14		2nd D(X)						

# Solution in Microsoft Excel:

## Let's get values

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	=G8-G4^2					

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Let's get values

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					

# Root-mean square deviation

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the root-mean square deviation $\sigma(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1		Discrete random variable											
2		xi	5	10	15	20	TOTAL						
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1						
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)					
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8							
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64							
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)					
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)					
9													
10		Numerical characteristics:											
11			formulas										
12		M(X)	12										
13		1st D(X)	21										
14		2nd D(X)	21										
15		$\sigma(X)$	=КОРЕНЬ(C14)										
16													
17													
18													
19													
20													

Аргументы функции

КОРЕНЬ

Число C14 = 21

= 4,582575695

Возвращает значение квадратного корня.

Число число, для которого вычисляется квадратный корень.

Значение: 4,582575695

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the root-mean square deviation $\sigma(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1		Discrete random variable													
2		xi	5	10	15	20	TOTAL								
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1								
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)							
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8									
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64									
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)							
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)							
9															
10		Numerical characteristics:													
11			formulas												
12		M(X)	12												
13		1st D(X)	21												
14		2nd D(X)	21												
15		$\sigma(X)$	4,582575695												
16															
17															
18															
19															
20															
21															

Число	Выравнивание	Шрифт	Граница	Заливка	Защита
Числовые форматы:					
Общий	Образец				
Числовой	4,58				
Денежный	Число десятичных знаков: 2				
Финансовый	<input type="checkbox"/> Разделитель групп разрядов ( )				
Дата	Отрицательные числа:				
Время	-1234,10				
Процентный	1234,10				
Дробный	-1234,10				
Экспоненциальный	-1234,10				
Текстовый					
Дополнительный (все форматы)					

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the root-mean square deviation  $\sigma(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					
15		$\sigma(X)$	4,58					



# Coefficient of variation

$$v(X) = \frac{\sigma(X)}{M(X)} \cdot 100\%$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the coefficient of variation  $v(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					
15		$\sigma(X)$	4,58					
16		$v(X)$	=C15/C12*100					

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the coefficient of variation  $v(X)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					
15		$\sigma(X)$	4,58					
16		$v(X)$	38,19					

A **mode** is equal to the value of  $x$  at which the probability distribution function reaches a maximum

$M_o$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the mode $M_o$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					
15		$\sigma(X)$	4,58					
16		v(X)	38,19					
17		$M_o$	=E2					

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the mode $M_o$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Discrete random variable						
2		xi	5	10	15	20	TOTAL	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8		
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)
9								
10		Numerical characteristics:						
11			formulas					
12		M(X)	12					
13		1st D(X)	21					
14		2nd D(X)	21					
15		$\sigma(X)$	4,58					
16		v(X)	38,19					
17		$M_o$	15					

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the mode $M_o$ using the built-in function

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1		Discrete random variable																	
2		xi	5	10	15	20	TOTAL												
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1												
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)											
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8													
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64													
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)											
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)											
9																			
10		Numerical characteristics:																	
11			formulas			5	10	15	20										
12		M(X)	12			5	10	15											
13		1st D(X)	21				10	15											
14		2nd D(X)	21					15											
15		$\sigma(X)$	4,58																
16		$v(X)$	38,19																
17		$M_o$	15			=МОДА(F11:I14)													
18																			

Аргументы функции

МОДА

Число1: F11:I14 = {5;10;15;20;5;10;15;0;0;10;15;0;0;...}

Число2: = массив

= 15

Эта функция оставлена для совместимости с Excel 2007 и более ранних версий. Возвращает значение моды для массива или диапазона значений.

**Число1:** число1;число2;... от 1 до 255 чисел, имен, массивов или ссылок на числовые значения, для которых вычисляется мода.

Значение: 15

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the mode  $M_o$  using the built-in function**

1	Discrete random variable							
2	xi	5	10	15	20	TOTAL		
3	pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1		
4	xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)	
5	xi - M(X)	-7	-2	3	8			
6	(xi - M(X))^2	49	4	9	64			
7	(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)	
8	xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )	
9								
10	Numerical characteristics:							
11		formulas		5	10	15	20	
12	M(X)	12		5	10	15		
13	1st D(X)	21			10	15		
14	2nd D(X)	21				15		
15	$\sigma(X)$	4,58						
16	v(X)	38,19						
17	$M_o$	15		15				



A **median**  $M_e$  of a discrete random variable is the “middle” value.

$M_e$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the median Me

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Discrete random variable							
2		xi	5	10	15	20	TOTAL		
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1		
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8			
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64			
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)	
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )	
9									
10		Numerical characteristics:							
11			formulas			5	10	15	20
12		M(X)	12			5	10	15	
13		1st D(X)	21				10	15	
14		2nd D(X)	21					15	
15		$\sigma(X)$	4,58						
16		v(X)	38,19						
17		Mo	15		15				
18		Me	=(D2+E2)/2						

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the median Me

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Discrete random variable							
2		xi	5	10	15	20	TOTAL		
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1		
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8			
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64			
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)	
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )	
9									
10		Numerical characteristics:							
11			formulas			5	10	15	20
12		M(X)	12			5	10	15	
13		1st D(X)	21				10	15	
14		2nd D(X)	21					15	
15		$\sigma(X)$	4,58						
16		v(X)	38,19						
17		Mo	15		15				
18		Me	12,5						

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the median $Me$ using the built-in function

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1		Discrete random variable																	
2		xi	5	10	15	20	TOTAL												
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1												
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)											
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8													
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64													
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)											
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)											
9																			
10		Numerical characteristics:																	
11			formulas			5	10	15	20										
12		M(X)	12			5	10	15											
13		1st D(X)	21				10	15											
14		2nd D(X)	21					15											
15		$\sigma(X)$	4,58																
16		v(X)	38,19																
17		Mo	15		15														
18		Me	12,5		=МЕДИАНА(F11:I14)														

Аргументы функции

МЕДИАНА

Число1: F11:I14 = {5;10;15;20;5;10;15;0;0;10;15;0;0;...}

Число2: = число

= 12,5

Возвращает медиану исходных чисел.

**Число1:** число1;число2;... от 1 до 255 чисел, имен, массивов или ссылок на числовые значения, для которых определяется медиана.

Значение: 12,5

[Справка по этой функции](#)

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the median Me using the built-in function**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Discrete random variable							
2		xi	5	10	15	20	TOTAL		
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1		
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8			
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64			
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)	
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X <sup>2</sup> )	
9									
10		Numerical characteristics:							
11			formulas			5	10	15	20
12		M(X)	12			5	10	15	
13		1st D(X)	21				10	15	
14		2nd D(X)	21					15	
15		$\sigma(X)$	4,58						
16		v(X)	38,19						
17		Mo	15		15				
18		Me	12,5		12,5				

## A distribution function of probabilities $F(X)$

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < x_1, \\ p_1, & x_1 \leq x < x_2, \\ p_1 + p_2, & x_2 \leq x < x_3, \\ \dots, & \\ p_1 + p_2 + \dots + p_{n-1}, & x_{n-1} \leq x < x_n, \\ 1, & x \geq x_n. \end{cases}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		x < 5	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1							
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=				
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8								
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15	15										
18		Me	12,5	12,5										

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		x < 5	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				=C3			
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=				
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8								
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15	15										
18		Me	12,5	12,5										



# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=				
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8								
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15		15									
18		Me	12,5		12,5									

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	=C3+D3			
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8								
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15		15									
18		Me	12,5		12,5									

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		$10 \leq x < 15$	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8								
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15	15										
18		Me	12,5	12,5										

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		$10 \leq x < 15$	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8					=C3+D3+E3			
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64								
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15		15									
18		Me	12,5		12,5									

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		$10 \leq x < 15$	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8					0,9		$15 \leq x < 20$	
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64					=C3+D3+E3+F3			
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15	15										
18		Me	12,5	12,5										

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values of the distribution function $F(X)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		$10 \leq x < 15$	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8					0,9		$15 \leq x < 20$	
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64					1		$x \geq 20$	
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)						
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15	15										
18		Me	12,5	12,5										

The probability that a random variable  $X$  lies in the interval  $(x_1, x_2)$

$$P(x_1 < X < x_2) = F(x_2) - F(x_1)$$

The probability that a random variable  $X$  lies in the interval  $(x_1, x_2)$

$$P(x_1 < X < x_2) = P(5 < X < 13) = F(13) - F(5)$$



# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the probability $P(5 < x < 13)$

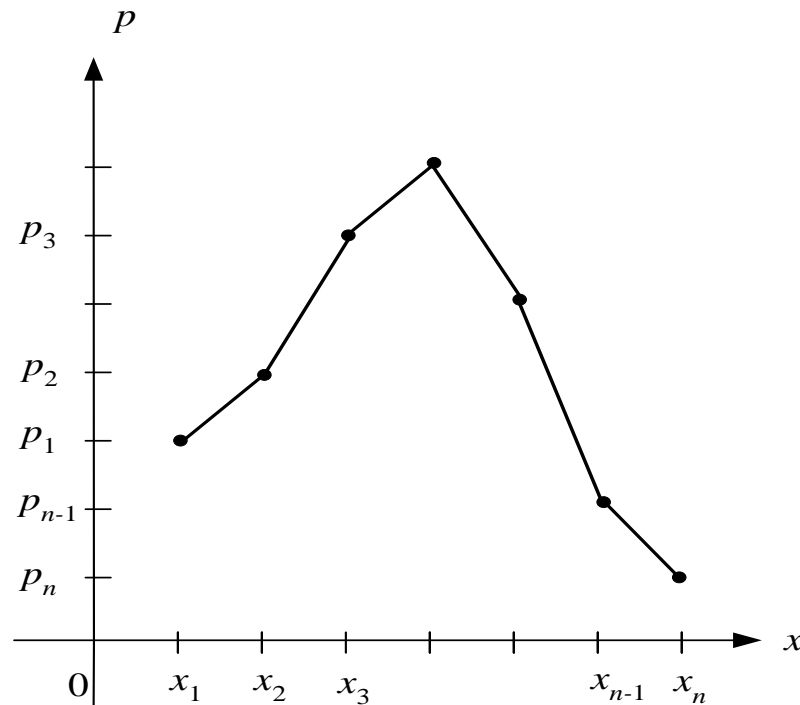
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		x < 5	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		5 <= x < 10	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		10 <= x < 15	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8					0,9		15 <= x < 20	
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64					1		x >= 20	
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)		P (5 < x < 13) =	=K4-K3			
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15		15									
18		Me	12,5		12,5									

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the probability  $P(5 < x < 13)$**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		Discrete random variable												
2		xi	5	10	15	20	TOTAL				0		$x < 5$	
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1				0,2		$5 \leq x < 10$	
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)=	0,5		$10 \leq x < 15$	
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8					0,9		$15 \leq x < 20$	
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64					1		$x \geq 20$	
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)						
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)			P (5 < x < 13) = 0,3			
9														
10		Numerical characteristics:												
11			formulas			5	10	15	20					
12		M(X)	12			5	10	15						
13		1st D(X)	21				10	15						
14		2nd D(X)	21					15						
15		$\sigma(X)$	4,58											
16		v(X)	38,19											
17		Mo	15		15									
18		Me	12,5		12,5									

Distribution law (row) can be graphically plotted. Values of a variable are marked on  $x$ -axis, the corresponding probabilities are marked on  $p$ -axis. The obtained points are connected with the help of segments. It results in a ***distribution polygon***.



# Solution in Microsoft Excel:

## Draw the distribution polygon

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Точечная' (Dot Plot) tooltip open. The spreadsheet contains the following data:

Discrete random variable						
xi	5	10	15	20	TOTAL	
pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1	
xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)
xi - M(X)	-7	-2	3	8		
(xi - M(X))^2	49	4	9	64		
(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)
xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)

Numerical characteristics:			
	formulas		
M(X)	12	5	10
1st D(X)	21	10	15
2nd D(X)	21		15
$\sigma(X)$	4,58		
v(X)	38,19		
Mo	15	15	
Me	12,5	12,5	

Probability calculation:  $P(5 < x < 13) = 0,3$

The tooltip for 'Точечная' (Dot Plot) contains the following text:

**Точечная**  
 Вставка точечной диаграммы.  
 Этот тип диаграммы позволяет сравнивать пары значений.  
 Он используется, если сравниваемые значения нельзя расположить на оси X либо они относятся к независимым измерениям.

# Solution in Microsoft Excel:

## Draw the distribution polygon

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data table and chart options:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	M	N	
1		Discrete random variable											
2		xi	5	10	15	20	TOTAL						
3		pi	0,2	0,3	0,4	0,1	1						
4		xi*pi	1	3	6	2	12	M(X)		F(X)			
5		xi - M(X)	-7	-2	3	8							
6		(xi - M(X))^2	49	4	9	64							
7		(xi - M(X))^2*pi	9,8	1,2	3,6	6,4	21	D(X)					
8		xi^2*pi	5	30	90	40	165	M(X^2)		P (5 <			
9													
10		Numerical characteristics:											
11			formulas			5	10	15	20				
12		M(X)	12			5	10	15					
13		1st D(X)	21				10	15					
14		2nd D(X)	21					15					
15		σ(X)	4,58										
16		v(X)	38,19										
17		Mo	15		15								
18		Me	12,5		12,5								

The chart dropdown menu shows the following options:

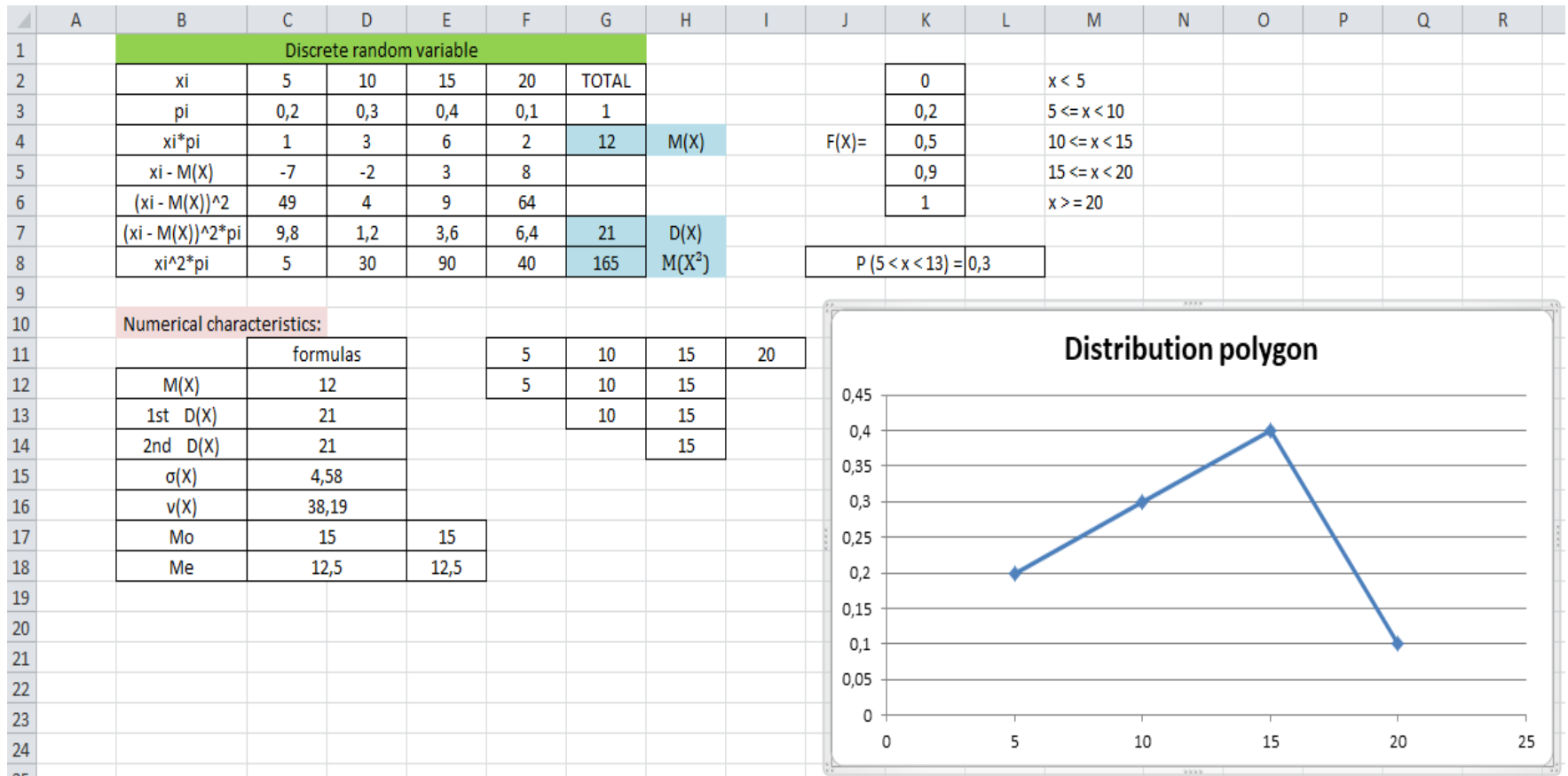
- Точечная (Selected)
- Другие
- График
- Столбец
- Выигрыш / проигрыш
- Средние
- Филь

The tooltip for the selected chart type reads:

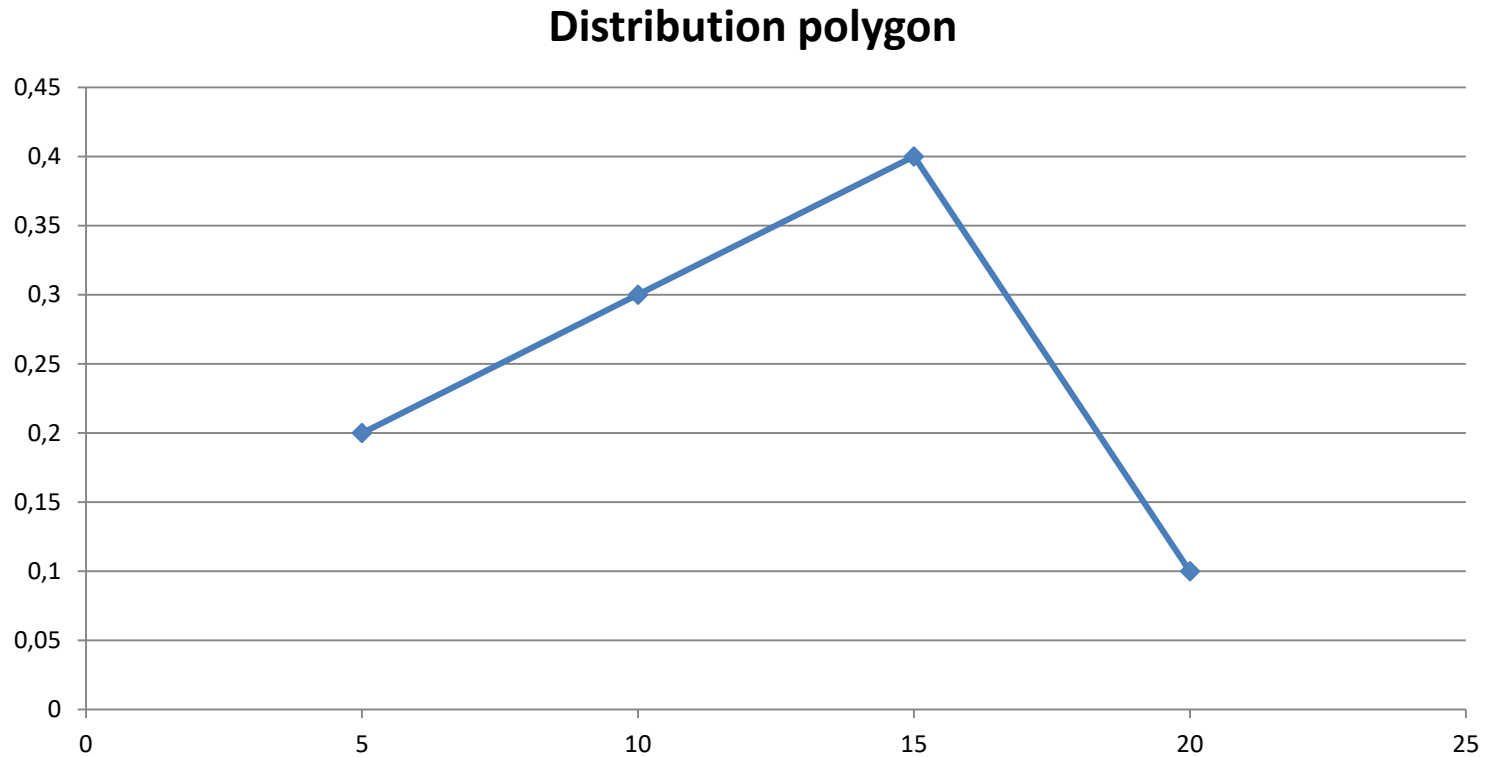
Точечная с прямыми отрезками и маркерами  
Сравнение пар значений.  
Применяется, если число точек данных по оси X невелико, а данные представляют собой отдельные значения.

# Solution in Microsoft Excel:

## Draw the distribution polygon

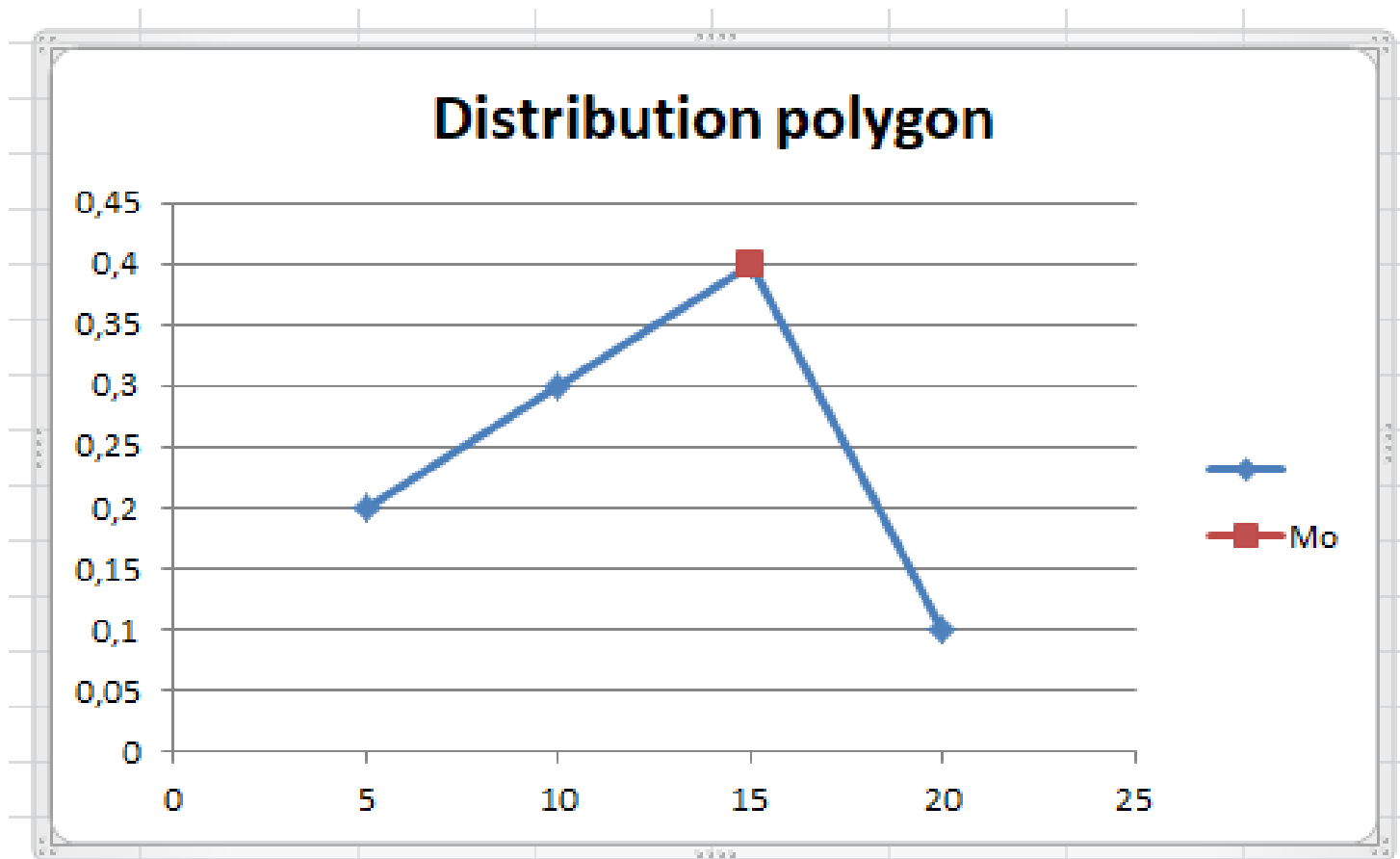


# Solution in Microsoft Excel: Draw the distribution polygon



# Solution in Microsoft Excel:

## Draw the distribution polygon and Mo





# TASK 2

## Binomial distribution law

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

**Example.** The probability of passing an exam excellently for each of three students (a 5-point system) equals 0.4. Construct a distribution law of a number of excellent marks which are got by the students at the exam. Find a mathematical expectation, a variance and a root-mean square deviation of a discrete random variable. Draw the distribution polygon.

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

*Solution.* Let a discrete random variable be a number of students with the mark “5” (a 5-point system). It has such possible values:

$$x_1 = 0$$

(no student passed the exam with the mark “5”);

$$x_2 = 1$$

(one student passed the exam with the mark “5”);

$$x_3 = 2$$

(two students passed the exam with the mark “5”);

$$x_4 = 3$$

(three students passed the exam with the mark “5”).

$$x_1 = 0$$

$$P_3(0) = C_3^0 p^0 q^{3-0} = 1 \cdot 1 \cdot q^3 = 0.6^3 = 0.216$$

$$x_2 = 1$$

$$P_3(1) = C_3^1 p^1 q^{3-1} = 3 \cdot p \cdot q^2 = 3 \cdot 0.4 \cdot 0.6^2 = 0.432$$

$$x_3 = 2$$

$$P_3(2) = C_3^2 p^2 q^{3-2} = 3 \cdot p^2 \cdot q = 3 \cdot 0.4^2 \cdot 0.6 = 0.288$$

$$x_4 = 3$$

$$P_3(3) = C_3^3 p^3 q^{3-3} = 1 \cdot p^3 \cdot q^0 = 1 \cdot 0.4^3 \cdot 1 = 0.064$$

$x_i$	0	1	2	3
$p_i$	0.216	0.432	0.288	0.064

# Solution in Microsoft Excel:

## Define p and q

27	Binomial distribution law	
28	$p=P(A)=$	0,4
29	$q=P(\text{not } A)=$	=1-B28
30		



# Solution in Microsoft Excel:

## Define p and q

26					
27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30					

# Solution in Microsoft Excel:

## Define n

27	Binomial distribution law	
28	$p=P(A)=$	0,4
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6
30	$n=$	3

Let a discrete random variable be a number of students with the mark “5” (a 5-point system). It has such possible values:

$$x_1 = 0$$

(no student passed the exam with the mark “5”);

$$x_2 = 1$$

(one student passed the exam with the mark “5”);

$$x_3 = 2$$

(two students passed the exam with the mark “5”);

$$x_4 = 3$$

(three students passed the exam with the mark “5”).

# The initial data

$$n = 3$$

$$p = 0.4$$

$$q = 1 - p = 0.6$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all possible values (or k)

20					
27	Binomial distribution law				
28	$p=P(A)=$	0,4			
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6			
30	$n=$	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33	pi				

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

25					
26					
27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33		=ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;B32)			
34					
35					
36					
37					
38					

Аргументы функции

ЧИСЛКОМБ

Число  = 3

Число\_выбранных  = 0

= 1

Возвращает количество комбинаций для заданного числа элементов.

Число\_выбранных число элементов в каждой комбинации.

Значение: 1

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

ЧИСКОМБ								
=ЧИСКОМБ(\$B\$30;B32)*\$B\$28^B32*\$B\$29^(\$B\$30-B32)								
	A	B	C	D	E	F	G	H
25								
26								
27	Binomial distribution law							
28	p=P(A)=	0,4						
29	q=P(not A)=	0,6						
30	n=	3						
31								
32	xi	0	1	2	3			
33	=ЧИСКОМБ(\$B\$30;B32)*\$B\$28^B32*\$B\$29^(\$B\$30-B32)							
34								

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

B33		fx =ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;B32)*\$B\$28^\$B\$32*\$B\$29^(\$B\$30-\$B\$32)							
	A	B	C	D	E	F	G	H	
25									
26									
27	Binomial distribution law								
28	p=P(A)=	0,4							
29	q=P(not A)=	0,6							
30	n=	3							
31									
32	xi	0	1	2	3				
33	pi	0,216							

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$



$$x_1 = 0$$

$$P_3(0) = C_3^0 p^0 q^{3-0} = 1 \cdot 1 \cdot q^3 = 0.6^3 = 0.216$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

ЧИСЛКОМБ <span style="float: right;">fx</span> =ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;C32)*\$B\$28^C32*\$B\$29^(\$B\$30-C32)								
	A	B	C	D	E	F	G	H
25								
26								
27	Binomial distribution law							
28	p=P(A)=	0,4						
29	q=P(not A)=	0,6						
30	n=	3						
31								
32	xi	0	1	2	3			
33	=ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;C32)*\$B\$28^C32*\$B\$29^(\$B\$30-C32)							

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33	pi	0,216	0,432		

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

$$x_2 = 1$$

$$P_3(1) = C_3^1 p^1 q^{3-1} = 3 \cdot p \cdot q^2 = 3 \cdot 0.4 \cdot 0.6^2 = 0.432$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33	pi	=ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;D32)*\$B\$28^D32*\$B\$29^(\$B\$30-D32)			

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33	pi	0,216	0,432	0,288	

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

$$x_3 = 2$$

$$P_3(2) = C_3^2 p^2 q^{3-2} = 3 \cdot p^2 \cdot q = 3 \cdot 0.4^2 \cdot 0.6 = 0.288$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

27	Binomial distribution law				
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	
33	pi	C	=ЧИСЛКОМБ(\$B\$30;E32)*\$B\$28^E32*\$B\$29^(\$B\$30-E32)		

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$



# Solution in Microsoft Excel:

## Define all probabilities

Binomial distribution law					
27					
28	p=P(A)=	0,4			
29	q=P(not A)=	0,6			
30	n=	3			
31					
32	xi	0	1	2	3
33	pi	0,216	0,432	0,288	0,064

$$P_n(x = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$$

$$x_4 = 3$$

$$P_3(3) = C_3^3 p^3 q^{3-3} = 1 \cdot p^3 \cdot q^0 = 1 \cdot 0.4^3 \cdot 1 = 0.064$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Define the total

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a binomial distribution table and the SUM function dialog box open. The spreadsheet has the following data:

xi	0	1	2	3	Total
pi	0,216	0,432	0,288	0,064	=СУММ(B33:E33)

The SUM function dialog box is open, showing the following information:

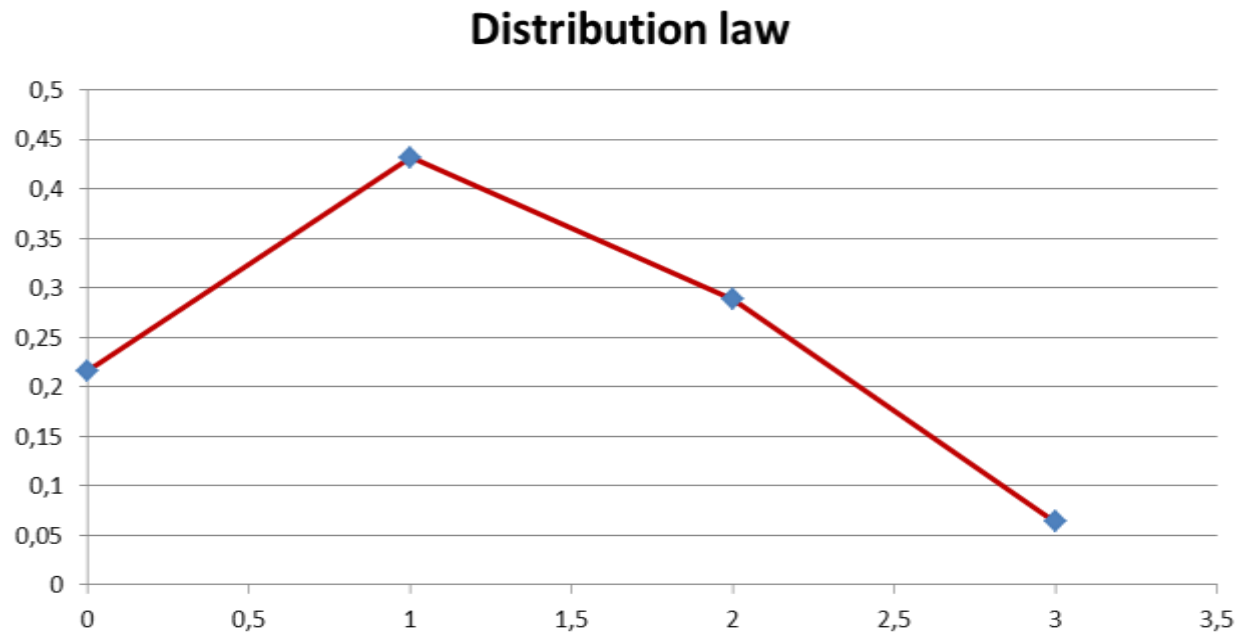
- Function: СУММ
- Argument 1 (Число1): B33:E33, resulting in {0,216;0,432;0,288;0,064}
- Argument 2 (Число2): (empty), resulting in = число
- Value (Значение): 1
- Buttons: ОК, Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

## Define the total

27	Binomial distribution law					
28	$p=P(A)=$	0,4				
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6				
30	$n=$	3				
31						
32	xi	0	1	2	3	Total
33	pi	0,216	0,432	0,288	0,064	1

# Solution in Microsoft Excel: Draw the distribution law



# Numerical characteristics

$$n = 3$$

$$p = 0.4$$

$$q = 1 - p = 0.6$$

$$M(X) = np = 3 \cdot 0.4 = 1.2$$

$$D(X) = npq = 3 \cdot 0.4 \cdot 0.6 = 0.72$$

$$\sigma(X) = \sqrt{npq} = \sqrt{0.72} \approx 0.85$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the mathematical expectation  $M(X)$**

25						
26	Task 2					
27	Binomial distribution law					
28	$p=P(A)=$	0,4				
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6				
30	$n=$	3				
31						
32	xi	0	1	2	3	Total
33	pi	0,216	0,432	0,288	0,064	1
34						
35	$M(X)=$	<code>=B30*B28</code>				

$$M(X) = np = 3 \cdot 0.4 = 1.2$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the mathematical expectation  $M(X)$**

25						
26	Task 2					
27	Binomial distribution law					
28	p=P(A)=	0,4				
29	q=P(not A)=	0,6				
30	n=	3				
31						
32	xi	0	1	2	3	Total
33	pi	0,216	0,432	0,288	0,064	1
34						
35	M(X)=	1,2				

$$M(X) = np = 3 \cdot 0.4 = 1.2$$



# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the variance $D(X)$

25						
26	Task 2					
27	Binomial distribution law					
28	$p=P(A)=$	0,4				
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6				
30	$n=$	3				
31						
32	$x_i$	0	1	2	3	Total
33	$p_i$	0,216	0,432	0,288	0,064	1
34						
35	$M(X)=$	1,2				
36	$D(X)=$	<code>=B30*B28*B29</code>				

$$D(X) = npq = 3 \cdot 0.4 \cdot 0.6 = 0.72$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate the variance $D(X)$

26	Task 2					
27	Binomial distribution law					
28	$p=P(A)=$	0,4				
29	$q=P(\text{not } A)=$	0,6				
30	$n=$	3				
31						
32	$x_i$	0	1	2	3	Total
33	$p_i$	0,216	0,432	0,288	0,064	1
34						
35	$M(X)=$	1,2				
36	$D(X)=$	0,72				

$$D(X) = npq = 3 \cdot 0.4 \cdot 0.6 = 0.72$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the root-mean square deviation  $\sigma(X)$**

Аргументы функции

КОРЕНЬ

Число  = 0,72

= 0,848528137

Возвращает значение квадратного корня.

Число число, для которого вычисляется квадратный корень.

Значение: 0,848528137

[Справка по этой функции](#)

34		
35	M(X)=	1,2
36	D(X)=	0,72
37	$\sigma(X)$ =	=КОРЕНЬ(B36)

$$\sigma(X) = \sqrt{npq} = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0.72} \approx 0.85$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the root-mean square deviation  $\sigma(X)$**

25						
26	Task 2					
27	Binomial distribution law					
28	p=P(A)=	0,4				
29	q=P(not A)=	0,6				
30	n=	3				
31						
32	xi	0	1	2	3	Total
33	pi	0,216	0,432	0,288	0,064	1
34						
35	M(X)=	1,2				
36	D(X)=	0,72				
37	$\sigma(X)$ =	0,85				

$$\sigma(X) = \sqrt{npq} = \sqrt{D(X)} = \sqrt{0.72} \approx 0.85$$

# LABORATORY WORK

## Normal distribution law

# TASK 3

**Task 3.** The mathematical expectation of a normal random variable equals 20, the root-mean-square deviation equals 5. a) Define the variance  $D(X)$  and the variation coefficient  $v(X)$ ; b) find formulas of functions  $f(x)$  and  $F(x)$ ; c) plot graphs of  $f(x)$  and  $F(x)$ ; d) the probability that a random variable  $X$  lies in the interval  $(\alpha; \beta)$ , where  $\alpha=13$  and  $\beta=24$  using two ways; e) find limits of all values of variable  $X$  on the interval with the probability 100 % using *three sigma rule*  $(a \pm 3\sigma)$

# SOLUTION



# Solution in Microsoft Excel:

## Fill in the initial data

	A	B	C	D
1	Task 1	Normal DL		
2		a	20	
3		$\sigma$	5	
4		$\alpha$	13	
5		$\beta$	24	
6				

# Mathematical expectation

$$M(X) = a$$

# Solution in Microsoft Excel:

	A	B	C
1	Task 1	Normal DL	
2		a	20
3		$\sigma$	5
4		$\alpha$	13
5		$\beta$	24
6		$M(x)=a$	=C2

# Variance

$$D(X) = \sigma^2$$

# Solution in Microsoft Excel:

	A	B	C
1	Task 1	Normal DL	
2		a	20
3		$\sigma$	5
4		$\alpha$	13
5		$\beta$	24
6		$M(x)=a$	20
7		$D(x)=\sigma^2$	=C3^2

# Root-mean square deviation

$$\sigma(X) = \sigma$$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the root-mean square deviation  $\sigma(X)$**

	A	B	C
1	Task 1	Normal DL	
2		a	20
3		$\sigma$	5
4		$\alpha$	13
5		$\beta$	24
6		$M(x)=a$	20
7		$D(x)=\sigma^2$	25
8		$\sigma(x)=\sigma$	=C3

# Coefficient of variation

$$v(X) = \frac{\sigma(X)}{M(X)} \cdot 100\%$$



# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the coefficient of variation  $v(X)$**

	A	B	C
1	Task 1	Normal DL	
2		a	20
3		$\sigma$	5
4		$\alpha$	13
5		$\beta$	24
6		$M(x)=a$	20
7		$D(x)=\sigma^2$	25
8		$\sigma(x)=\sigma$	5
9		$v=\sigma(x)/\mu$	$=C8/C6*100$

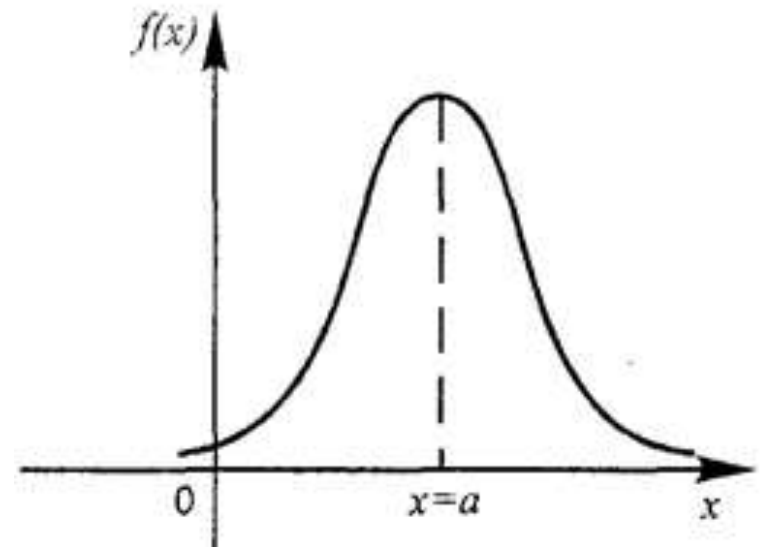
# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate the coefficient of variation  $v(X)$**

	A	B	C
1	Task 1	Normal DL	
2		a	20
3		$\sigma$	5
4		$\alpha$	13
5		$\beta$	24
6		$M(x)=a$	20
7		$D(x)=\sigma^2$	25
8		$\sigma(x)=\sigma$	5
9		$v=\sigma(x)/M(x)*100\%$	25

The probability density function of the normal law of distribution is

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$



Let's substitute  $\mu=20$ ,  $\sigma^2=25$  and  $\sigma=5$  and get

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$$

Let's plot the graph of  $f(x)$

$$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$$

# Solution in Microsoft Excel:

## Fill in values of variable X

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$										
x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60		
f(x)											

# Solution in Microsoft Excel: Calculate values f(x):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
1	Task 1	Normal DL																	
2		a	20					$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$											
3		$\sigma$	5						$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}} dx$										
4		$\alpha$	13																
5		$\beta$	24																
6		M(x)=a	20																
7		D(x)= $\sigma^2$	25																
8		$\sigma(x)=\sigma$	5																
9		v= $\sigma(x)/M(x)*100\%$	25																
							x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60			
								<code>=1/(\$C\$8*КОРЕНЬ(2*ПИ()))*EXP(-((H6-\$C\$6)^2)/(2*\$C\$7))</code>											
							F(x)												

# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values f(x):

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
=1/(\$C\$8*КОРЕНЬ(2*ПИ()))*EXP(-((H6-\$C\$6)^2)/(2*\$C\$7))									
F(x)									



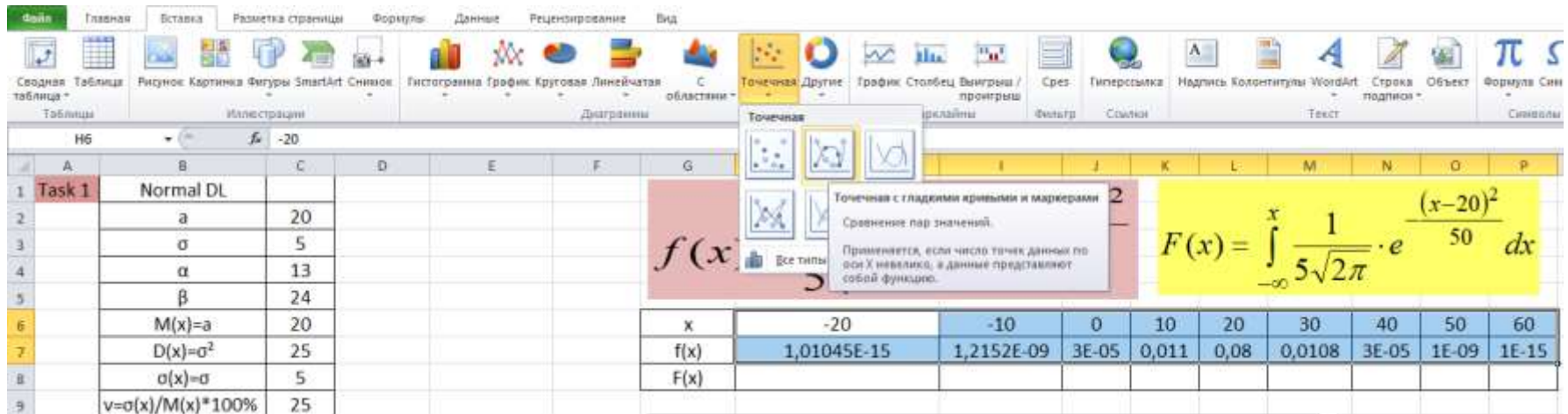
# Solution in Microsoft Excel:

## Calculate values f(x):

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$									
x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15	

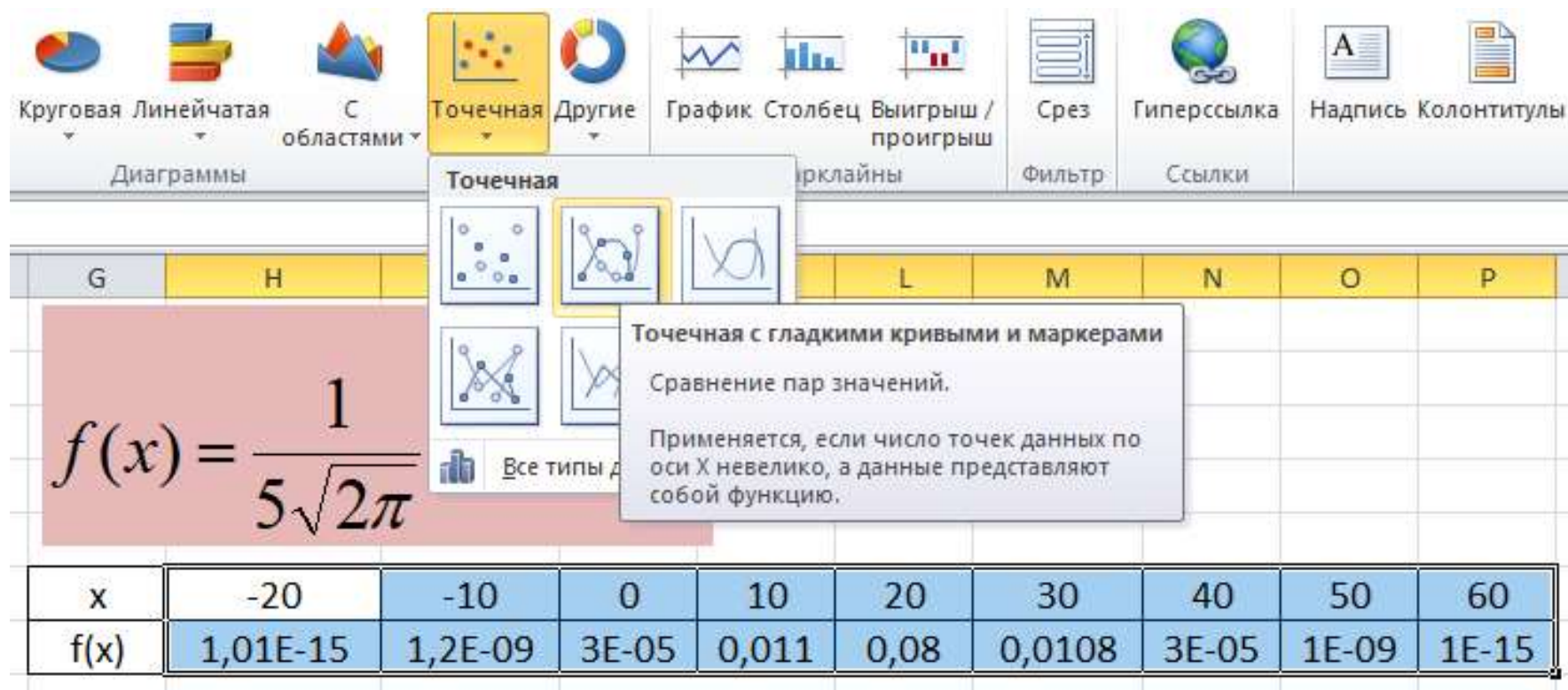
# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of $f(x)$ :



# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of $f(x)$ :

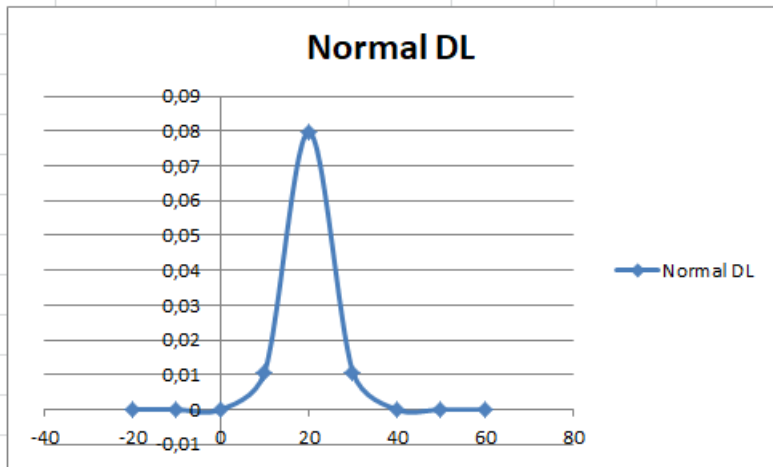


# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of f(x):

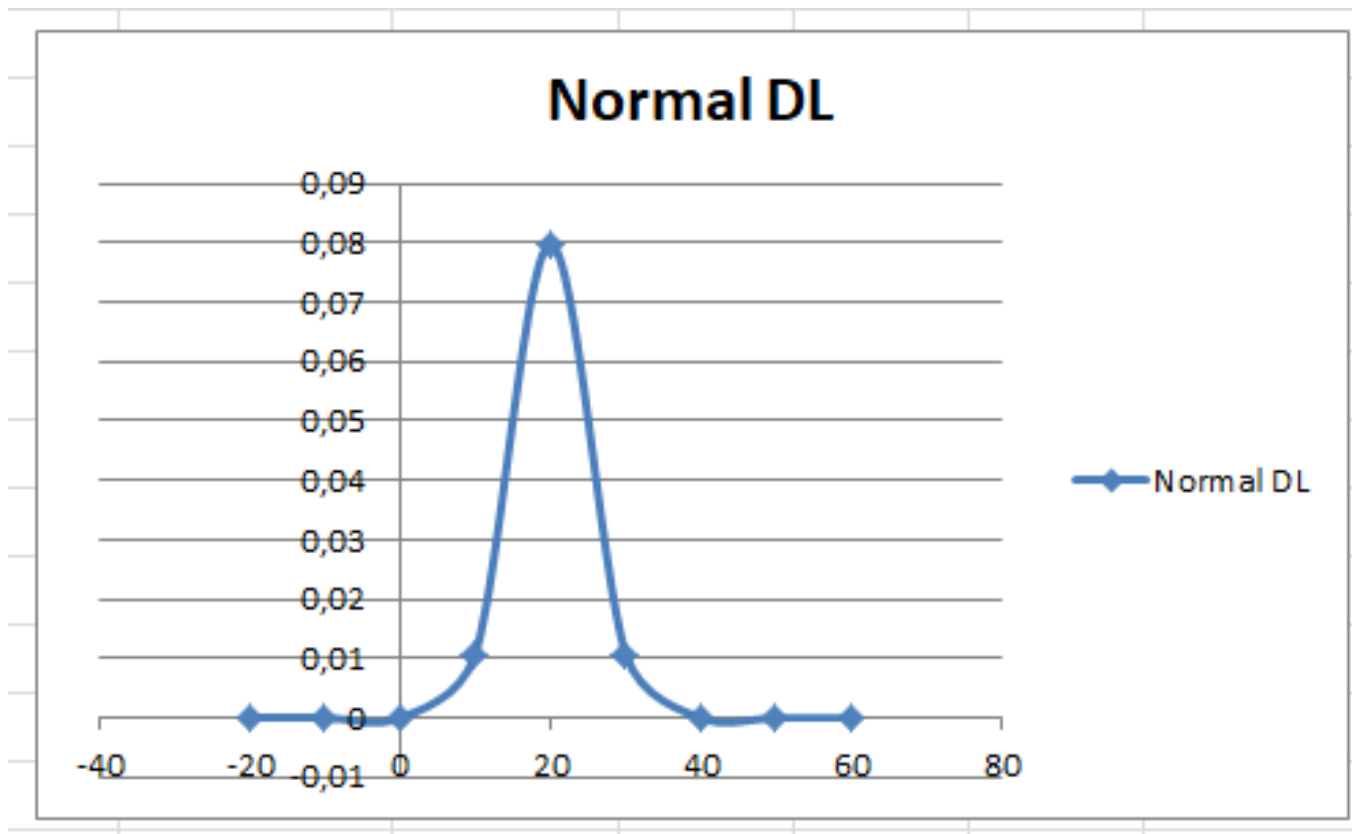
$$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$$

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15



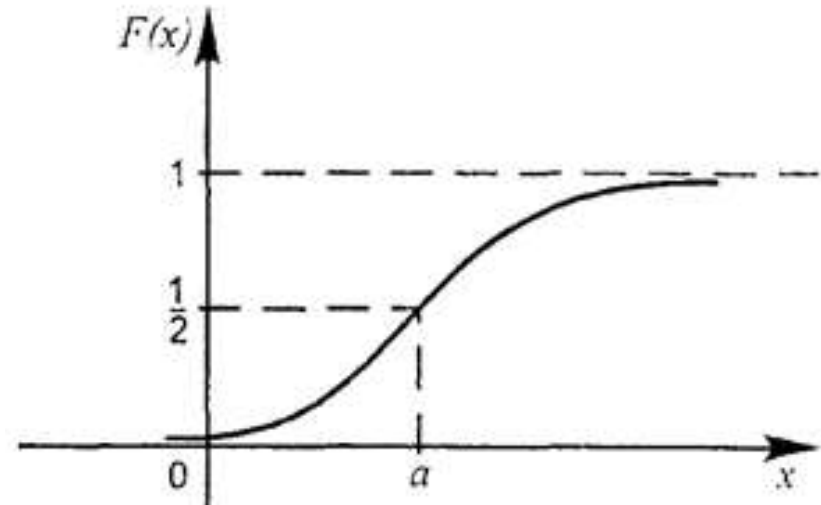
# Solution in Microsoft Excel:

**Plot the graph of  $f(x)$ :**



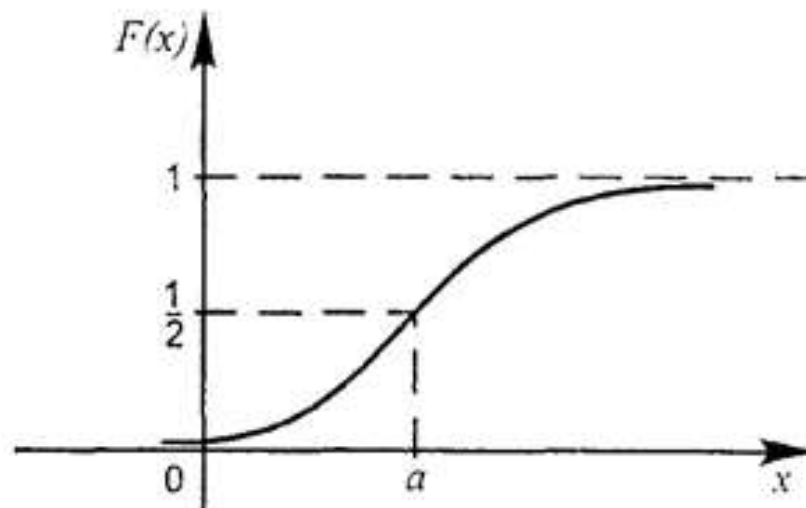
The integral distribution function of the normal law is

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx$$



The integral distribution function of the normal law is

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}} dx$$



# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of F(x):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Task 1	Normal DL										
2		a	20									
3		$\sigma$	5									
4		$\alpha$	13									
5		$\beta$	24									
6		M(x)=a	20									
7		D(x)= $\sigma^2$	25									
8		$\sigma(x)=\sigma$	5									
9		v= $\sigma(x)/M(x)*100\%$	25									

$$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx$$

x	-20	-10	0	10	20
f(x)	1,01045E-15	1,2152E-09	3E-05	0,011	0,08

=НОРМ.РАСП(Н6;С2;С3;1)

Аргументы функции

НОРМ.РАСП

X Н6 = -20

Среднее С2 = 20

Стандартное\_откл С3 = 5

Интегральная 1 = ИСТИНА

= 6,22096E-16

Возвращает нормальную функцию распределения.

**Интегральная** логическое значение, определяющее вид функции: интегральная функция распределения (ИСТИНА) или функция плотности вероятности (ЛОЖЬ).

Значение: 6,22096E-16

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена



# Solution in Microsoft Excel:

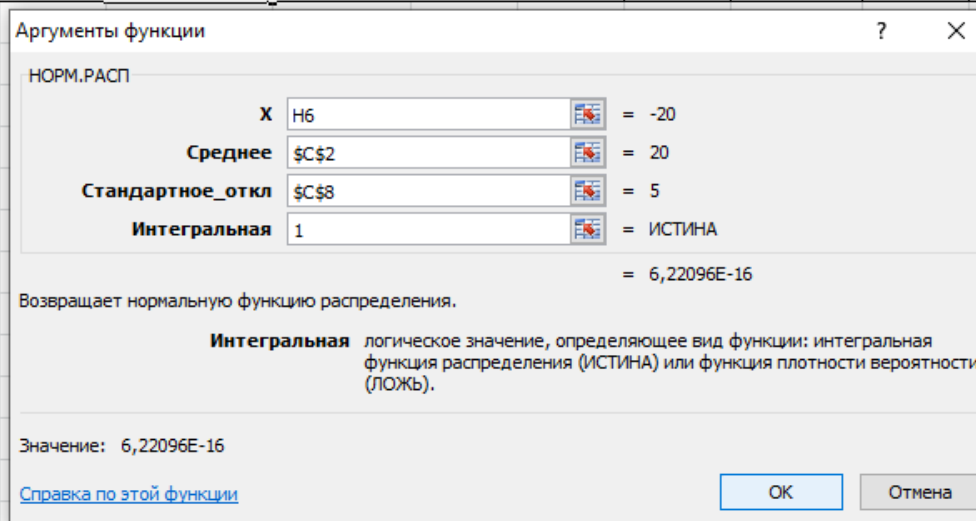
## Plot the graph of F(x):

$$f(x) = \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{5\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-20)^2}{50}} dx$$

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15

=НОРМ.РАСП(Н6;\$С\$2;\$С\$8;1)



# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of $F(x)$ :

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15
=НОРМ.РАСП(Н6;\$C\$2;\$C\$8;1)									

Аргументы функции

НОРМ.РАСП

X	Н6	=	-20
Среднее	\$C\$2	=	20
Стандартное_откл	\$C\$8	=	5
Интегральная	1	=	ИСТИНА

= 6,22096E-16

Возвращает нормальную функцию распределения.

**Интегральная** логическое значение, определяющее вид функции: интегральная функция распределения (ИСТИНА) или функция плотности вероятности (ЛОЖЬ).

Значение: 6,22096E-16

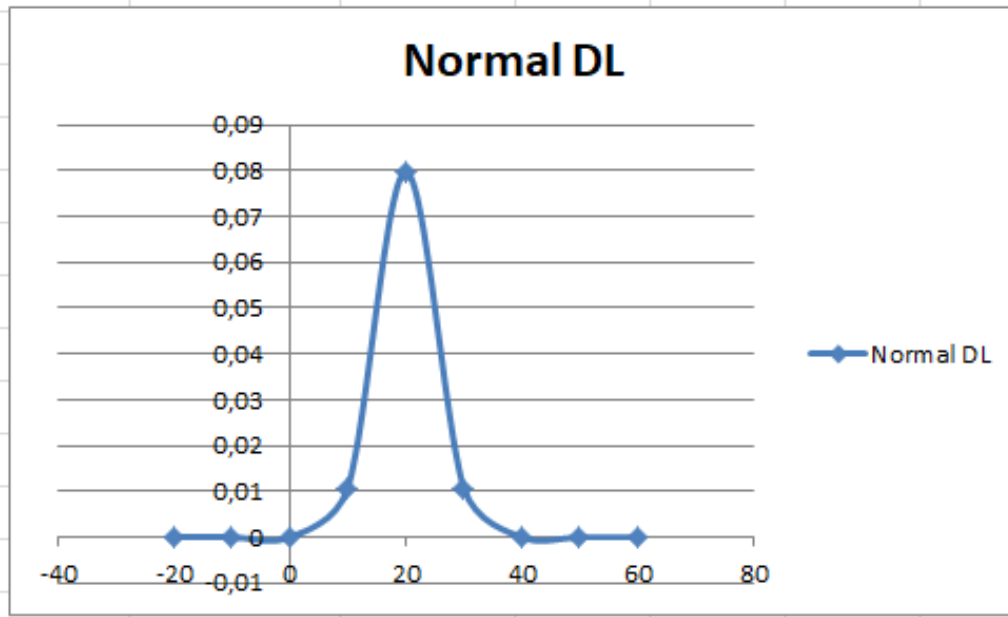
[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of $F(x)$ :

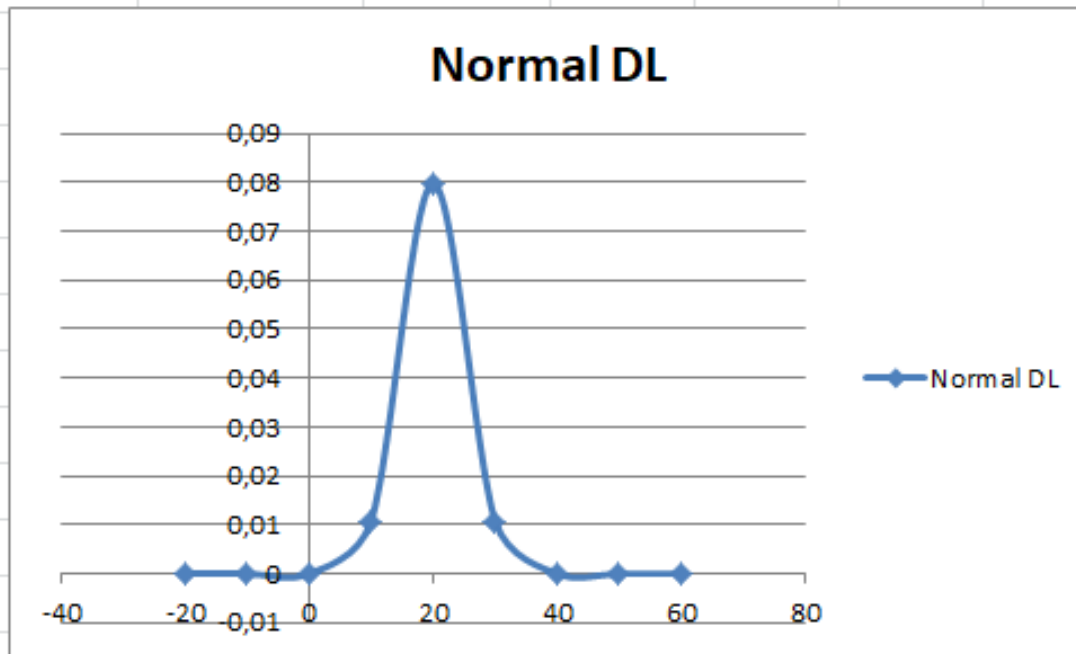
x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15
F(x)	6,22E-16								



# Solution in Microsoft Excel:

## Plot the graph of $F(x)$ :

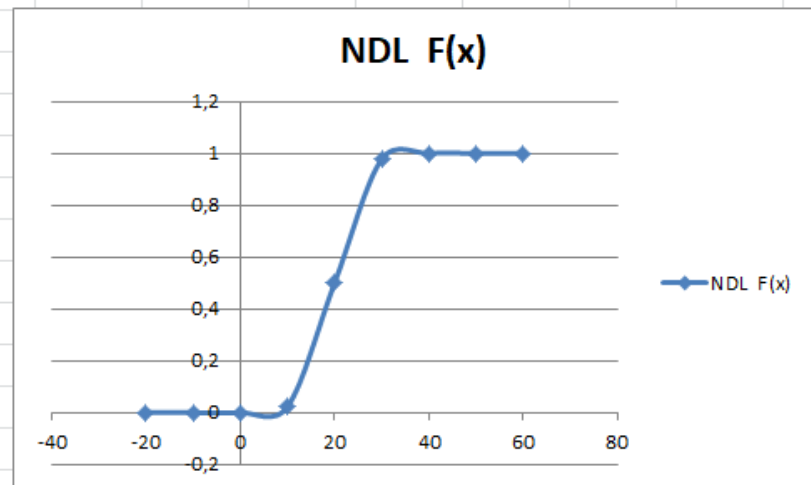
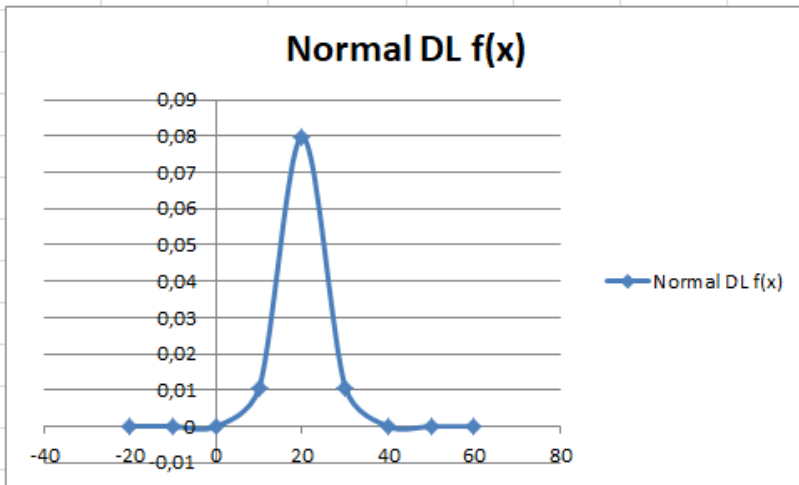
x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15
F(x)	6,22E-16	1E-09	3E-05	0,023	0,5	0,9772	1	1	1



# Solution in Microsoft Excel:

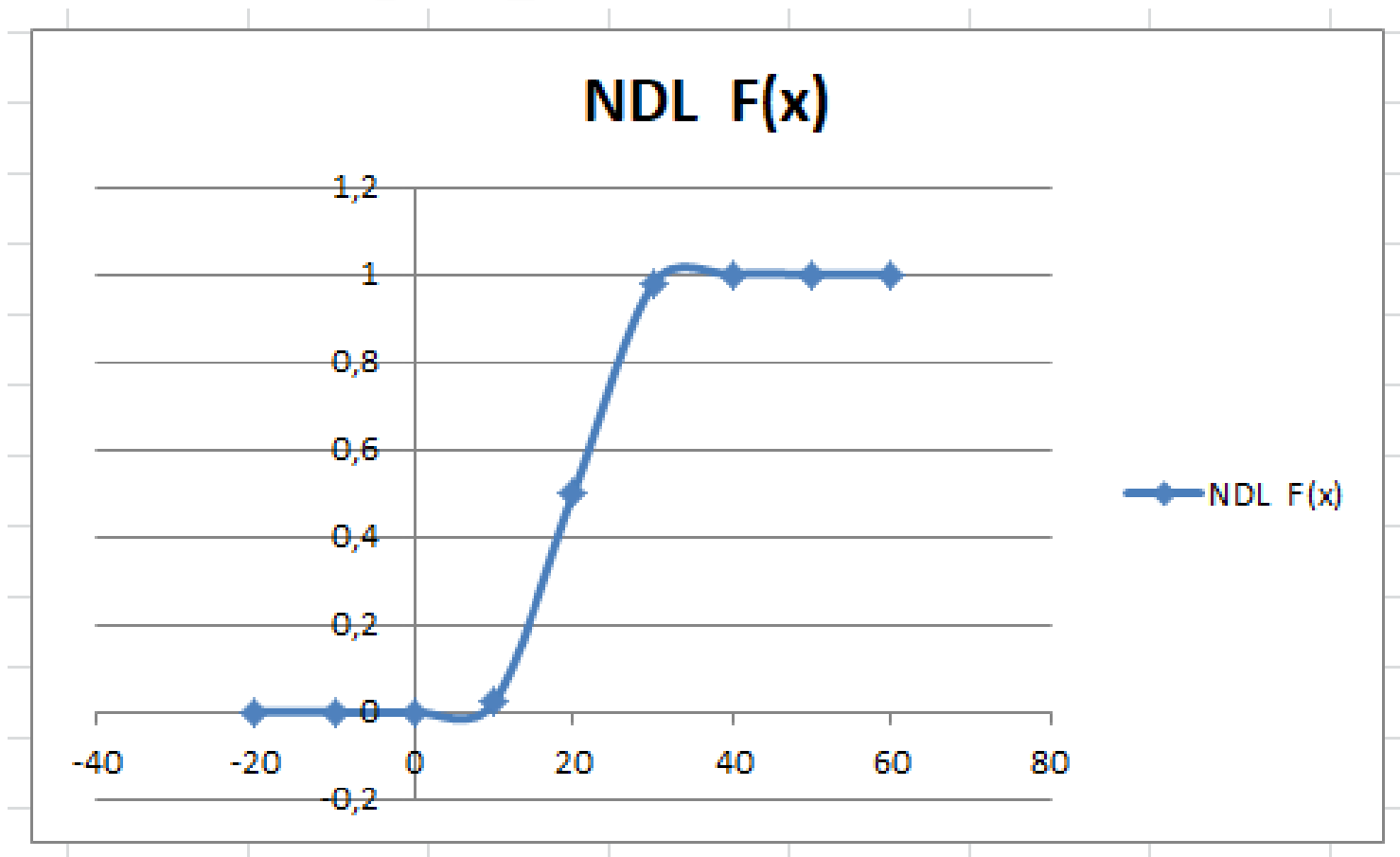
## Plot the graph of F(x):

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01E-15	1,2E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15
F(x)	6,22E-16	1E-09	3E-05	0,023	0,5	0,9772	1	1	1



# Solution in Microsoft Excel:

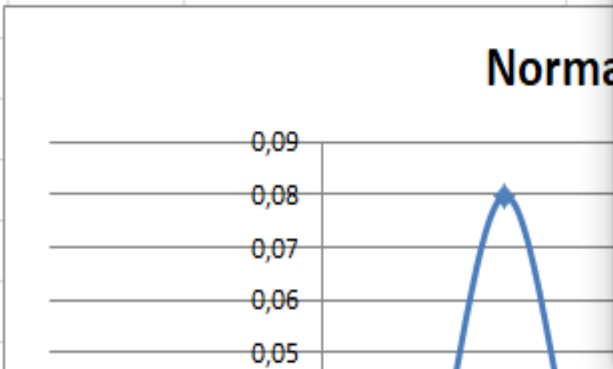
## Plot the graph of $F(x)$ :



# Solution in Microsoft Excel:

## Checking:

x	-20	
f(x)	1,01045E-15	1
F(x)	6,22096E-16	9
f(x)	=НОРМ.РАСП(Н6;С\$2;С\$3	



Аргументы функции

НОРМ.РАСП

X Н6 = -20

Среднее \$C\$2 = 20

Стандартное\_откл \$C\$3 = 5

Интегральная 0 = ЛОЖЬ

= 1,01045E-15

Возвращает нормальную функцию распределения.

**Интегральная** логическое значение, определяющее вид функции: интегральная функция распределения (ИСТИНА) или функция плотности вероятности (ЛОЖЬ).

Значение: 1,01045E-15

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

## Checking:

x	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
f(x)	1,01045E-15	1,2152E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15
F(x)	6,22096E-16	9,866E-10	3E-05	0,023	0,5	0,9772	1	1	1
f(x)	1,01045E-15	1,2152E-09	3E-05	0,011	0,08	0,0108	3E-05	1E-09	1E-15



# Solution in Microsoft Excel:

## **Checking:**

**0 for  $f(x)$       (false or ЛОЖЬ)**

**1 for  $F(x)$       (true or ИСТИНА)**

The probability that a random variable  $X$  lies in the interval  $(\alpha, \beta)$

$$P(\alpha < X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 1. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

a	20
$\sigma$	5
$\alpha$	13
$\beta$	24

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1	
$(\beta - a) / \sigma$	$= (C27 - C24) / C25$

Вертикальна

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 1. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

a	20
$\sigma$	5
$\alpha$	13
$\beta$	24

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1	
$(\beta - a) / \sigma$	0,8
$(\alpha - a) / \sigma$	= (C26 - C24) / C25

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 1. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

a	20
$\sigma$	5
$\alpha$	13
$\beta$	24

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1	
$(\beta - a) / \sigma$	0,8
$(\alpha - a) / \sigma$	-1,4

# Solution in Microsoft Excel:

**WAY 1. Calculate the probability  $P(13 < x < 24)$**

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$	0,8	
$(\alpha - a)/\sigma$	-1,4	
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,8) =$	

Laplace integral function table  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dx$  (TABLE 2)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0754
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2258	0,2291	0,2324	0,2356	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2518	0,2549
0,7	0,2580	0,2612	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2996	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389

# Solution in Microsoft Excel:

**WAY 1. Calculate the probability  $P(13 < x < 24)$**

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$	0,8	
$(\alpha - a)/\sigma$	-1,4	
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,8) =$	0,2881



# Solution in Microsoft Excel:

**WAY 1. Calculate the probability  $P(13 < x < 24)$**

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1

$$(\beta - a) / \sigma = 0,8$$

$$(\alpha - a) / \sigma = -1,4$$

$$\Phi((\beta - a) / \sigma) = \Phi(0,80) = 0,2881$$

$$\Phi((\alpha - a) / \sigma) = \Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$$

Laplace integral function table  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$  (TABLE 2)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0754
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2258	0,2291	0,2324	0,2356	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2518	0,2549
0,7	0,2580	0,2612	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2996	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3906	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4274	0,4292	0,4306	0,4319

# Solution in Microsoft Excel:

**WAY 1. Calculate the probability  $P(13 < x < 24)$**

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 1. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		=130-131

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 1. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073

Let's use the relationship:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right)$$

$$\Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) = F(x) - \frac{1}{2} = F(x) - 0,5$$

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1

$(\beta - a) / \sigma$  0,8

$(\alpha - a) / \sigma$  -1,4

$\Phi((\beta - a) / \sigma) = \Phi(0,80) =$  0,2881

$\Phi((\alpha - a) / \sigma) = \Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$  -0,4192

$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a) / \sigma) - \Phi((\alpha - a) / \sigma) =$  0,7073

way 2

$\Phi((\beta - a) / \sigma) = \text{НОРМСТРАСП}(\text{H28}) - 0,5$

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$		0,288144601



# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

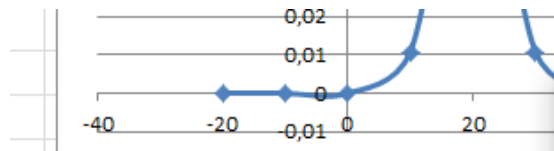
Normal distribution parameters:  $\mu = 0,01$ ,  $\sigma = 1$

Formula:  $P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - \mu}{\sigma}\right)$

way 1	
$(\beta - a)/\sigma$	0
$(\alpha - a)/\sigma$	-1
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$	
way 2	
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	0,28814460

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$



$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1	
$(\beta - a)/\sigma$	0,8
$(\alpha - a)/\sigma$	-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma) = \Phi(0,80) =$	
$\Phi((\alpha - a)/\sigma) = \Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$	
way 2	
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	0,288144601

Формат ячеек

Число    Выравнивание    Шрифт    Граница    Заливка    Защита

Числовые форматы:

- Общий
- Числовой**
- Денежный
- Финансовый
- Дата
- Время
- Процентный
- Дробный
- Экспоненциальный
- Текстовый
- Дополнительный (все форматы)

Образец: 0,2881

Число десятичных знаков: 4

Разделитель групп разрядов ( )

Отрицательные числа:

- 1234,3210
- 1234,3210
- 1234,3210
- 1234,3210

Числовой формат является наиболее общим способом представления чисел. Для вывода денежных значений используются также форматы "Денежный" и "Финансовый".

OK    Отмена

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$	0,8	
$(\alpha - a)/\sigma$	-1,4	
$\Phi((\beta - a)/\sigma) = \Phi(0,80) =$		0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma) = \Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$		-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	0,2881	

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
	$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$	0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$		0,2881446
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\text{НОРМСТРАСП}(\text{H29}) - 0,5$	

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$		0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$		-0,4192

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$		0,8
$(\alpha - a)/\sigma$		-1,4
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	$=\Phi(0,80) =$	0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	$=\Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$	-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$		0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$		-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		=H34-H35

# Solution in Microsoft Excel:

## WAY 2. Calculate the probability $P(13 < x < 24)$

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right)$$

way 1		
$(\beta - a)/\sigma$	0,8	
$(\alpha - a)/\sigma$	-1,4	
$\Phi((\beta - a)/\sigma) = \Phi(0,80) =$		0,2881
$\Phi((\alpha - a)/\sigma) = \Phi(-1,40) = -\Phi(1,40)$		-0,4192
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$		0,7073
way 2		
$\Phi((\beta - a)/\sigma)$	0,2881446	
$\Phi((\alpha - a)/\sigma)$	-0,4192433	
$P(\alpha < x < \beta) = \Phi((\beta - a)/\sigma) - \Phi((\alpha - a)/\sigma) =$	0,7073879	

*Three sigma rule* means the normal distributed random variable  $X$  possesses all its values on the interval  $(a \pm 3\sigma)$  with the probability 99,73% (approximately equals 100 %).



# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule	
a	20
$\sigma$	5
$3\sigma$	=3*E41

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule	
a	20
$\sigma$	5
$3\sigma$	15

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule	
a	20
$\sigma$	5
$3\sigma$	15
	< x <

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule		$(a \pm 3\sigma)$
a	20	
$\sigma$	5	
$3\sigma$	15	

=E40-E42		
----------	--	--

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule	
a	20
$\sigma$	5
$3\sigma$	15
5	< x <

$(a \pm 3\sigma)$

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule		$(a \pm 3\sigma)$
a	20	
$\sigma$	5	
$3\sigma$	15	
5	< x <	=E40+E42

# Solution in Microsoft Excel:

**Calculate limits of this interval**  $a - 3\sigma < x < a + 3\sigma$

Three sigma rule		$(a \pm 3\sigma)$	
a	20		
$\sigma$	5		
$3\sigma$	15		
5	< x <	35	